This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Это цифровая коиия книги, хранящейся для иотомков на библиотечных иолках, ирежде чем ее отсканировали сотрудники комиании Google в рамках ироекта, цель которого - сделать книги со всего мира достуиными через Интернет.

Прошло достаточно много времени для того, чтобы срок действия авторских ирав на эту книгу истек, и она иерешла в свободный достуи. Книга иереходит в свободный достуи, если на нее не были иоданы авторские ирава или срок действия авторских ирав истек. Переход книги в свободный достуи в разных странах осуществляется ио-разному. Книги, иерешедшие в свободный достуи, это наш ключ к ирошлому, к богатствам истории и культуры, а также к знаниям, которые часто трудно найти.

В этом файле сохранятся все иометки, иримечания и другие заииси, существующие в оригинальном издании, как наиоминание о том долгом иути, который книга ирошла от издателя до библиотеки и в конечном итоге до Вас.

Правила использовапия

Комиания Google гордится тем, что сотрудничает с библиотеками, чтобы иеревести книги, иерешедшие в свободный достуи, в цифровой формат и сделать их широкодостуиными. Книги, иерешедшие в свободный достуи, иринадлежат обществу, а мы лишь хранители этого достояния. Тем не менее, эти книги достаточно дорого стоят, иоэтому, чтобы и в дальнейшем иредоставлять этот ресурс, мы иредириняли некоторые действия, иредотвращающие коммерческое исиользование книг, в том числе установив технические ограничения на автоматические заиросы.

Мы также иросим Вас о следующем.

- Не исиользуйте файлы в коммерческих целях.
  Мы разработали ирограмму Поиск книг Google для всех иользователей, иоэтому исиользуйте эти файлы только в личных, некоммерческих целях.

- Не отиравляйте автоматические заиросы.
  Не отиравляйте в систему Google автоматические заиросы любого вида. Если Вы занимаетесь изучением систем машинного иеревода, оитического расиознавания символов или других областей, где достуи к большому количеству текста может оказаться иолезным, свяжитесь с нами. Для этих целей мы рекомендуем исиользовать материалы, иерешедшие в свободный достуи.

- Не удаляйте атрибуты Google.
  В каждом файле есть "водяной знак" Google. Он иозволяет иользователям узнать об этом ироекте и иомогает им найти доиолнительные материалы ири иомощи ирограммы Поиск книг Google. Не удаляйте его.

- Делайте это законно.
  Независимо от того, что Вы исиользуйте, не забудьте ироверить законность своих действий, за которые Вы несете иолную ответственность. Не думайте, что если книга иерешла в свободный достуи в США, то ее на этом основании могут исиользовать читатели из других стран. Условия для иерехода книги в свободный достуи в разных странах различны, иоэтому нет единых иравил, иозволяющих оиределить, можно ли в оиределенном случае исиользовать оиределенную книгу. Не думайте, что если книга иоявилась в Поиске книг Google, то ее можно исиользовать как угодно и где угодно. Наказание за нарушение авторских ирав может быть очень серьезным.

О программе Поиск кпиг Google

Миссия Google состоит в том, чтобы организовать мировую информацию и сделать ее всесторонне достуиной и иолезной. Программа Поиск книг Google иомогает иользователям найти книги со всего мира, а авторам и издателям - новых читателей. Полнотекстовый иоиск ио этой книге можно выиолнить на странице `http://books.google.com/`

Q
9
.N28
1983

B 1,115,125

НАУКА И ЧЕЛОВЕЧЕСТВО 1983

ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО «ЗНАНИЕ»

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»

Наука — величайшее достижение свободного человеческого ума ...

Томсон Д.

Q
9
.N28
1983

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЕЖЕГОДНИК

НАУКА И ЧЕЛОВЕЧЕСТВО 1983

ДОСТУПНО И ТОЧНО О ГЛАВНОМ В МИРОВОЙ НАУКЕ

ЧЕЛОВЕК

ЗЕМЛЯ

МИКРОМИР

ВСЕЛЕННАЯ

ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС

ЛЕТОПИСЬ НАУКИ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»
МОСКВА

THE UNIVERSITY OF MICHIGAN · LIBRARIES ·

THE UNIVERSITY OF MICHIGAN
THE UNIVERSITY OF MICHIGAN
1817
LIBRARIES

ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО «ЗНАНИЕ»

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»

Наука — величайшее достижение свободного человеческого ума ...

Томсон Д.

Q
9
.N28
1983

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЕЖЕГОДНИК

НАУКА И ЧЕЛОВЕЧЕСТВО 1983

ДОСТУПНО И ТОЧНО О ГЛАВНОМ В МИРОВОЙ НАУКЕ

ЧЕЛОВЕК

ЗЕМЛЯ

МИКРОМИР

ВСЕЛЕННАЯ

ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС

ЛЕТОПИСЬ НАУКИ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»
МОСКВА

ББК 72
Н 34

Редакционная коллегия

А. А. ЛОГУНОВ
академик (председатель)

А. П. АЛЕКСАНДРОВ
академик

Н. Г. БАСОВ
академик

Н. Н. БЛОХИН
академик

В. А. БУРАВИХИН
член-корреспондент
АПН СССР

П. П. ВАВИЛОВ
член-корреспондент
Академии наук СССР,
академик ВАСХНИЛ

Б. В. ГНЕДЕНКО
академик
Академии наук УССР

В. А. КИРИЛЛИИ
академик

В. В. КОРТУНОВ
профессор

И. М. МАКАРОВ
член-корреспондент
Академии наук СССР

Г. И. МАРЧУК
академик

А. С. МОНИН
член-корреспондент
Академии наук СССР

Ю. А. ОВЧИННИКОВ
академик

Н. Н. СЕМЕНОВ
академик

Л. Н. ТОЛКУНОВ
общественный деятель

П. Н. ФЕДОСЕЕВ
академик

В. А. ЭНГЕЛЬГАРДТ
академик

© Издательство «Знание», 1983 г.
0201 — 680X

Ответственный редактор
Е. Б. ЭТИНГОФ

1962—1982

АВСТРАЛИЯ
АВСТРИЯ
АНГЛИЯ
АРГЕНТИНА
БЕЛЬГИЯ
БОЛГАРИЯ
БРАЗИЛИЯ
ВЕНГРИЯ
ВЬЕТНАМ
ГАНА
ГВИНЕЯ
ГДР
ЕГИПЕТ
ИНДИЯ
ИРЛАНДИЯ
ИТАЛИЯ
КАНАДА
КЕНИЯ
КОЛУМБИЯ
КОСТА-РИКА
КУБА
МОНГОЛИЯ
НИДЕРЛАНДЫ
НОРВЕГИЯ
ПАКИСТАН
ПОЛЬША
РУМЫНИЯ
СССР
США
ФИНЛЯНДИЯ
ФРАНЦИЯ
ФРГ
ЧЕХОСЛОВАКИЯ
ШВЕЙЦАРИЯ
ШВЕЦИЯ
ШРИ ЛАНКА
ЭФИОПИЯ
ЮАР
ЮГОСЛАВИЯ
ЯПОНИЯ

1983

ВЕНГРИЯ
А. Хорват

ГДР
М. Мебель
Г. Пастернак
Л. Пикенхайн
Д. Шольц

ИРЛАНДИЯ
Д. Кориш

МОНГОЛИЯ
Р. Барсболд

НИДЕРЛАНДЫ
Дж. Кистемакер

РУМЫНИЯ
Д. Прунариу

СССР
Н. Г. Басов
Д. М. Гвишиани
В. В. Касинский
Б. М. Кедров
П. Г. Костюк
В. А. Крат
С. С. Лавров
А. Н. Ораевский
Н. А. Платэ
Л. И. Попов
Р. Н. Пуллат
В. В. Рюмин
С. А. Савченко
В. И. Сарианиди
И. М. Тернов
С. А. Ушаков
В. П. Шибаев
Ф. Ф. Эйснер
Л. К. Эрнст

ФИНЛЯНДИЯ
К. Доннер

ФРАНЦИЯ
С. Кучми

ЧЕХОСЛОВАКИЯ
Л. Махо
Ф. Фромлова
В. Штрбак

ШВЕЙЦАРИЯ
Б. Хок

ЯПОНИЯ
Ш. Накамура
С. Оаэ

Бонифатий Михайлович КЕДРОВ (р. 1903) — химик, философ, историк науки. Родился в Ярославле. В 1920 окончил Коммунистический университет им. Свердлова, в 1930 — химический факультет Московского университета.

В 1931—1932 был слушателем Института красной профессуры философии и естествознания, а в 1932 — 1935 — аспирантом химической ассоциации Академии наук СССР.

В 1935 защитил кандидатскую диссертацию по химии на тему «О парадоксе Гиббса», а в 1946 — докторскую диссертацию по философии на тему «Атомистика Дальтона».

Участвовал в гражданской и Великой Отечественной войнах.

С 1946 по 1958 — профессор кафедры философии Академии общественных наук при ЦК КПСС. С 1958 по 1962 — заведующий сектором диалектического материализма Института философии АН СССР.

С 1962 по 1974 — директор Института истории естествознания и техники АН СССР и по настоящее время председатель Национального объединения советских историков естествознания и техники. Кроме того, в 1973 — 1974 — директор Института философии АН СССР. В настоящее время — заведующий сектором истории науки и логики Института истории естествознания и техники АН СССР.

С 1947 по 1949 — главный редактор журнала «Вопросы философии», затем бессменный член его редколлегии.

В 1947 был избран членом-корреспондентом Академии педагогических наук РСФСР, в 1960 — членом-корреспондентом АН СССР, а в 1966 — академиком.

Автор более 500 научных работ, из них более 30 монографий. Многие его труды посвящены научному наследию Ленина, Энгельса, Менделеева.

Член Международной Академии по истории науки (в Париже), Сербской академии наук и искусств, Болгарской Академии наук, Венгерской Академии наук и Германской академии естествоиспытателей «Леопольдина» (ГДР).

БОНИФАТИЙ МИХАЙЛОВИЧ КЕДРОВ

В. И. Ленин и революции в науке

Историков науки, философов и социологов уже давно интересует вопрос о научных революциях. Большой интерес представляет их сравнительный анализ. Революции в науке XVI, XVII и XVIII вв. по своему содержанию во многом подходят под один общий тип и вместе с тем они существенно отличны от научных революций XIX в., а эти последние — от «новейшей революции в естествознании», начавшейся на рубеже XIX и XX вв. (ее с философских позиций проанализировал В. И. Ленин), не говоря уже о том, что все они коренным образом отличаются от научно-технической революции, развернувшейся начиная с середины нашего столетия. Своеобразие каждой научной революции и то общее, что для них характерно, конкретные ситуации, в которых они происходят, — вот что составляет предмет их изучения.

Иногда революциями называют всякие резкие, катастрофические процессы, совершающиеся не только в человеческой истории, но и в природе. Таких взглядов придерживался, например, Ж. Кювье, писавший о всемирных катастрофах или революциях, совершавшихся будто бы в истории Земли. Однако строго научное понимание революции ограничивает это понятие сферой сознательной деятельности людей, а потому связывается лишь с общественной и духовной жизнью человека. Другими словами, признается, что революции могут происходить и происходят лишь в развитии общества или же в развитии мышления человека.

К первым относятся социальные революции, ко вторым — революции в духовной жизни человечества — в науке, технике, искусстве, литературе. Вот почему отрицание Дарвином революций в развитии живой природы никак нельзя было квалифицировать как проявление якобы механицизма или плоского эволюционизма, ибо Дарвин правильно отрицал лишь то, что ошибочно утверждал Кювье, т. е. то, чего нет и не бывает на самом деле в природе. Однако само появление дарвиновского учения о происхождении органических видов составило величайшую революцию не только в биологии, но и во всем естествознании. Получается парадоксальная ситуация: отрицание революций в природе вызвало революционный переворот в науке о природе. Такова была оценка дарвиновского учения, которую дали ему Маркс, Энгельс и Ленин. Попытка же приписывать Дарвину плоский эволюционизм, шедшая от недоучившихся агробиологов, поддержанных некоторыми философами с позиций псевдодиалектики, оказалась в корне несостоятельной и потерпела полный крах, хотя одно время упорно выдавалась якобы за точку зрения диалектического материализма, что абсолютно не соответствовало действительности.

Чем же вызывается необходимость революций? Как и резкий скачок вообще, революция предполагает, что на пути прогрессивного движения возникло серьезное препятствие, мешающее переходу развивающегося предмета, явления от старого его состояния к новому. Чтобы такой переход мог осуществиться, требуется сломать, сокрушить барьер, стоящий на пути к рождению и утверждению нового.

В эксплуататорском обществе таким препятствием служит государство, обеспечивающее господствующему классу возможность удерживать в своих руках власть, эксплуатировать трудящиеся массы. Поэтому социалистическая революция совершается путем разрушения буржуазной государственной машины.

Возникает, естественно, вопрос: как обстоит дело с наукой? Здесь препятствием на пути прогрессивного движения являются устаревшие представления (теории, понятия, принципы, законы), приверженность ученых которым мешает проникновению в науку новых представлений, отвечающих новым фактам, новым эмпирическим открытиям. Так, до Дарвина в биологии прочно утвердилась идея о вечности и постоянстве биологических видов. Эта идея брала свое начало из религиозного мифа о том, что все виды растений и животных были созданы демиургом при

сотворении мира и с тех пор сохраняются неизменными и останутся таковыми до скончания веков. Эти взгляды были подвергнуты критике Ламарком, Жоффруа Сент-Илером и другими учеными еще в начале XIX в., но все же продолжали прочно удерживаться в головах ученых. Впервые нанес им сокрушительный удар Дарвин, до основания разрушив препятствие, стоявшее на пути развития биологии и всего естествознания. Это, несомненно, было революцией в науке.

Следовательно, суть всякой революции, т. е. того резкого скачка, осуществляемого людьми в ходе прогрессивного развития общества или мышления, состоит в сокрушительном разрушении старого, которое выдвигало препятствие на пути перехода к новому. «...Революция есть такое преобразование, — писал Ленин, — которое ломает старое в самом основном и коренном, а не переделывает его осторожно, медленно, постепенно, стараясь ломать как можно меньше...»*

Этим революция существенно отличается не только от реформы, но и от эволюции как своей подготовительной стадии.

В какой же сфере научного знания совершаются научные революции? Вспомним революцию в химии конца XVIII в., когда свергалось вековое господство флогистонного учения. В 1774 г. два сторонника этого уже устаревшего учения Пристли и Шееле эмпирически нашли кислород, представлявший собой реальный антипод мифического «начала горючести» — флогистона. В химических реакциях, где, как считалось до тех пор, выделяется флогистон (горение, окисление), в действительности происходило соединение с кислородом, а где, как считалось, флогистон поглощается, на самом деле происходил распад сложного соединения с выделением кислорода. Этого не поняли ни Пристли, ни Шееле, а потому сделанное ими наблюдение — открытие нового газа, кислорода — само по себе не привело еще к революции в химии. Только после того, как Лавуазье сделал из этого эмпирически установленного факта правильный теоретический вывод и создал свою кислородную теорию химических процессов, началась подлинная революция в химии, в ходе и результате которой рухнула в самой основе старая, ложная теория флогистона.

Следовательно, научные революции совершаются не в эмпирической, а в теоретической области науки, иначе говоря, в мышлении ученых, когда делаются правильные теоретические обобщения и объяснения новых, эмпирически установленных фактов, т. е. раскрывается их истинная сущность.

Можно привести немало других фактов из истории науки, подтверждающих это положение. Так, в XVII в. Р. Гук наблюдал через микроскоп клеточное (ячеистое) строение растительных тканей. Но он не понял роли клеток в жизнедеятельности организмов. Он просто констатировал, что они существуют. Впервые это выяснили в начале второй трети XIX в. Шванн и Шлейден: они создали клеточную теорию и этим вызвали подлинную революцию в биологии.

Приведем еще пример, на этот раз из области ядерной физики. Начиная с 1934 г. Э. Ферми с сотрудниками облучал уран (его атомные ядра) медленными нейтронами и наблюдал, как облученное вещество излучает электроны (бэта-частицы). Он решил, что нейтроны присоединяются к ядрам урана, а затем испускают электроны (испытывают бэта-распад), в результате чего образуются транс-уран («сдвиг» элементов за пределы нижней границы менделеевской периодической системы элементов). Так и считалось, пока в начале 1939 г. О. Ган и Штрасман не открыли, что никакого «сдвига» в действительности при этом не происходит, но что ядро урана под воздействием своей массы, увеличенной на единицу (благодаря присоединению нейтрона), делится на две части. Каждая из них и производит вторичное бэта-излучение. С этого момента начался новый, небывалый дотоле подъем революции в естествознании, приведший к эре атомной энергии в истории человечества. И здесь опять-таки революционный переворот в науке вызвало не само по себе эмпирическое наблюдение нового явления (оно оставалось безрезультатным почти 5 лет!), а его правильное теоретическое объяснение.

Наконец, обратимся к астрономии. В ней началась самая первая научная революция, когда Коперник сверг господствовавшее много веков геоцентрическое учение Птолемея и провозгласил свое новое гелиоцентрическое учение. Оно состояло в том, что прежние представления о причудливо изогнутых и непонятно почему вывернутых орбитах планет (считалось, что планеты обращаются вокруг Земли) были заменены простыми и ясными концентрическими кругами исходя из признания, что планеты обращаются не вокруг Земли, а вокруг Солнца. В данном случае для осуществления революционного переворота не потребовалось устанавливать эмпирическим путем новые факты, а требовалось лишь по-новому истолковать весь ранее уже собранный фактический материал.

В чем же состояли препятствия, возникавшие на пути движения научного познания к истине? Очевидно, в прочном закреплении старых традиционных воззрений на изучаемые явления. Вместе с этими воззрениями революции в науке ломают и общий строй мышления ученых, лежавших в основе разрушаемых конкретных представлений, теорий, законов и принципов. Так, революции в астрономии и в химии, о которых говорилось выше, имели нечто общее между собой, хотя они происходили в совершенно раз-

* Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 44, с. 222.

ные эпохи, в различных странах и в разных отраслях науки. Обе они разбивали в самой его основе господствовавший до них в умах ученых способ объяснения наблюдаемых явлений, согласно которому то, что мы видим и ощущаем непосредственно, и есть сама истина. Видимость говорит нам, что солнце и звезды движутся по небосводу, а мы стоим на месте, значит, прав Птолемей. Она же свидетельствует, что горящее тело распадается, выделяя пламя и дым, оставляя золу, значит, верно учение о флогистоне. Вот эту-то веру в видимость вещей и явлений, принятие ее за истину и разрушали первые научные революции. Они доказывали, что за кажущейся нам видимостью вещей и явлений скрыта их сущность, которую нельзя воспринимать непосредственно, чувственно. Это был колоссальный революционный переворот в науке, без чего она не могла бы стать подлинной наукой в современном смысле слова.

Наше познание движется от прямого наблюдения вещей и явлений к проникновению в их сущность. Материалистически перерабатывая гегелевскую «Науку логики», Ленин писал: «Понятие (познание) в бытии (в непосредственных явлениях) открывает сущность (закон причины, тождества, различия etc.) — таков действительно *общий ход* всего человеческого познания (всей науки) вообще. Таков ход и *естествознания и политической экономии* [и истории]»*.

Детализируя представление об этом общем ходе научного познания, Ленин добавляет: «Мысль человека бесконечно углубляется от явления к сущности, от сущности первого, так сказать, порядка, к сущности второго порядка и т. д. *без конца*»**.

Эта детализация была необходима — она помогла понять, как преодолевалось другое препятствие, возникшее уже после разрушения веры в непосредственную видимость и признания, что за ней скрывается чувственно неощутимая сущность. Оно состояло в убежденности, что сущность вещей и явлений неизменна, постоянна, всегда равна себе и может быть познана сразу и до конца. В XVII и XVIII вв. ей приписывался механический характер. Но если за сущностью первого порядка скрывается более глубокая сущность второго, за ней — третьего и т. д., то это означает, что никогда нельзя ее исчерпать, познать сразу и до конца. Более того, сама сущность вещей и явлений обнаруживает свою изменчивость, текучесть, непостоянство. «...Не только явления преходящи, подвижны, текучи, отделены лишь условными гранями, но и *сущности* вещей также»***, — писал Ленин. Никакой «неизменной сущности», никакой «абсолютной субстанции» не существует. Ленин подчеркивал: ««Сущность» вещей или «субстанция» *тоже* относительны; они выражают только углубление человеческого познания объектов...»*

Разрушение в XIX в. веры в неизменность природы, в неизменную сущность вещей и явлений — колоссальный переворот в мышлении ученых, не менее важный, нежели тот, который вызвало крушение первоначальной наивной веры в непосредственную видимость. Теперь ломка способа мышления ученых состояла, по сути дела, в переходе (хотя он явно и не осознавался самими учеными) от старого, метафизического взгляда на мир, на природу к новому, диалектическому.

Такой глубокий революционный переворот в науке вызвали естественнонаучные открытия XIX в., провозвестники которых дали себя знать уже начиная с середины XVIII в. От космогонической гипотезы Канта и Лапласа, атомно-кинетического учения Ломоносова, химической атомистики Дальтона и других достижений естествознания того времени вплоть до эволюционной теории Дарвина шаг за шагом шло разрушение прежней концепции неизменности природы и утверждалась новая концепция всеобщего развития.

Следовательно, всякая научная революция имеет как бы два аспекта: один — более узкий, локальный, раскрывающий то особенное, что представлено конкретным учением или понятием, которое подвергается революционной ломке; другой — более широкий, отражающий общий характер познавательного препятствия (вера в видимость, вера в неизменность), коренным образом разрушаемого в той или иной частной области научного познания.

Всякая научная революция имеет две главные задачи. Если революция разбивает препятствие, возникшее на пути прогрессивного развития науки, то ее первая задача носит разрушительный, критический, негативный характер. Вторая, причем основная, задача революции носит созидательный, конструктивный, позитивный характер. Обе эти задачи научная революция иногда выполняет одновременно в их взаимосвязи между собой, а иногда последовательно одну за другой: первая, предшествуя второй, является ее необходимой подготовкой. Например, в «новейшей революции в естествознании», о которой писал Ленин, негативная, разрушительная фаза захватила примерно два десятилетия (1895—1913 гг.), а начиная с 1913 г. началась позитивная, конструктивная фаза.

В зависимости от конкретно-исторических условий на первый план революции могут выдвигаться попеременно то негативные, то позитивные задачи. Называя великие революционные потрясения «большими скачками», Ленин писал:

* Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 29, с. 298.
** Там же, с. 227.
*** Там же.

* Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 18, с. 277.

«Настоящий интерес эпохи больших скачков состоит в том, что обилие обломков старого, накопляемых иногда быстрее, чем количество зародышей (не всегда сразу видных) нового, требует уменья выделить самое существенное в линии или в цепи развития. Бывают исторические моменты, когда для успеха революции всего важнее накопить побольше обломков, т. е. взорвать побольше старых учреждений; бывают моменты, когда взорвано достаточно, и на очередь становится «прозаическая»... работа расчистки почвы от обломков; бывают моменты, когда заботливый уход за зародышами нового, растущими из-под обломков на плохо еще очищенной от щебня почве, всего важнее»*.

Эти ленинские положения имеют прямое отношение и к научным революциям. Поэтому не правы те авторы, которые полагают, будто негативные задачи необязательно должны возникать в ходе той или иной научной революции, что она может ограничиться выдвижением и решением конструктивных задач. Но ведь если нет препятствий на пути процесса развития и нет необходимости что-либо разрушать, то, значит, отпадает необходимость и в самой революции, поскольку процесс развития и без нее может совершаться беспрепятственно.

Остановимся подробнее на особенностях «новейшей революции в естествознании», анализ которой был дан в свое время Лениным.

О локальных особенностях «новейшей революции в естествознании»

Вступление диалектики в естествознание происходило различными путями. Одним из них было открытие того обстоятельства, что вещи и явления, кажущиеся сплошными, цельными, в действительности состоят из множества дискретных образований, невидимых нашему глазу. Еще древние атомисты в качестве обоснования своего учения ссылались на то, что Млечный путь кажется нам сплошной светлой полосой, тогда как он образован множеством отдельных звезд, которые в нашем зрительном восприятии сливаются друг с другом. Точно так же песчаная куча, состоящая из песчинок, производит впечатление сплошного тела.

В XIX в. идея дискретности проникла в ряд отраслей естествознания, заставляя ученых на деле признавать единство целостности и расчлененности, непрерывности и прерывности. С этой точки зрения раскрывается диалектика научных революций, вызванных атомистикой в химии, клеточной теорией в биологии, молекулярно-кинетическим учением в физике.

Однако в целом идея непрерывности оставалась господствующей в физике XIX в.: в основе и термодинамики, и оптики, и электродинамики лежало учение о непрерывных функциях.

На рубеже XIX и XX вв. в физике были сделаны великие открытия, до основания разрушившие прочно закрепившуюся концепцию физики непрерывных величин: в 1897 г. Дж. Дж. Томсон открыл дискретную частицу отрицательного электричества — электрон; в 1900 г. Планк ввел понятие кванта действия, благодаря чему оптические явления обнаружили свою прерывистость; в 1905 г. Эйнштейн доказал, что свет обладает дискретной (а не только волновой, непрерывной) структурой и что он образован световыми «атомами» — фотонами. Но сохранявшаяся еще вера в целостность атомного ядра, хотя и косвенно, но все же задерживала в 30-х годах нашего века открытие реакции деления ядра урана после облучения его медленными нейтронами.

В биологии на рубеже XIX и XX вв. началась аналогичная революция: в генетике возникло учение о дискретной структуре наследственного вещества, благодаря чему и сюда проникла идея прерывистости. Характерно, что более чем за треть века до этого (в 1865 г.) Мендель эмпирическим путем доказал, что наследственные факторы имеют корпускулярную, дискретную природу, а их переход от поколения к поколению определяется статистическими закономерностями. Но установленные им законы тогда не получили теоретического, хотя бы гипотетического объяснения, поэтому никакой революции они вызвать не могли и практически не привлекли к себе внимания ученых. Только после появления первых теоретических концепций в генетике началась и здесь научная революция, а сам Мендель с его законами был «открыт» заново биологами того времени.

Но долгое время оставался невыясненным вопрос: какова конкретно химическая, материальная природа вещественного носителя наследственности? Некоторые агробиологи заявляли, что никакого дискретного носителя вообще не существует и что свойство наследственности принадлежит будто бы в целом всему живому организму. Когда же в середине XX в. обнаружилось, что вещественным носителем наследственности служат некоторые нуклеиновые кислоты (ДНК), структура частиц которых обусловливает свойства живого организма, изучаемые генетикой, то оказалось, что эмпирически эти кислоты были найдены еще в 60-х годах прошлого века. Однако их значение в процессах жизнедеятельности не было определено, а потому никакой научной революции они тогда не вызвали. Когда же теоретически это их значение было раскрыто с последующей экспериментальной проверкой, в биологии широким фронтом развернулась научная революция.

Иногда высказывается мнение, будто новей-

* Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 36, с. 205.

шую революцию в биологии в XX в. вызвал дарвинизм. Это неверно. Дарвинизм с лежащей в его основе идеей развития органического мира составил революционный переворот в науке второй половины XIX в. Однако в XX в. в биологии выдвинулись новые концепции, созвучные с концепциями новой физики, не говоря уже о химии; общую основу этих концепций выразила идея дискретности: на ее пути сохранялось познавательное препятствие, которое и было разрушено «новейшей революцией в естествознании».

Об общеметодологических чертах «новейшей революции в естествознании»

Чем конкретно была вызвана необходимость «новейшей революции в естествознании»? Иначе говоря, какое именно препятствие познавательного характера нужно было разрушить, чтобы обеспечить дальнейшее свободное продвижение научной мысли вперед? Таким препятствием была вера в полное качественное тождество макромира и микромира, тождество законов, которым подчиняются явления того и другого мира. Когда создавалось молекулярно-кинетическое учение, то молекулы газов рассматривались как миниатюрные механические частицы — как шарики в случае одноатомного газа, как гантельчики в случае двухатомного. Когда Менделеев писал о строении молекулы аммиака, то он представлял его так: в центре, как Солнце, атом азота, а вокруг него обращаются, как планеты, три атома водорода. Считалось, что будучи качественно тождественными, оба мира различаются лишь количественно, по масштабу своих тел и их частиц. Такая концепция господствовала до конца XIX в. «Новейшая революция в естествознании» начала ее разрушать, но не сразу всю до основания, а как бы по частям, поэтапно.

Сначала была разрушена вера в вечность и абсолютную неизменность атомов и химических элементов. Считалось, что атомы неделимы, представляют собой совершенно простые кусочки материи, ее последние частички, как кирпичики мироздания. Элементы же химии считались неразложимыми и непревращаемыми друг в друга. «Новейшая революция» в корне разрушила эти представления и расчистила путь для науки в область атомной и субатомной (ядерной) физики. Решающую роль в этом отношении сыграли открытия электрона и рентгеновских лучей, радиоактивности и радия. Этими открытиями были доказаны сложность и делимость атомов, превращаемость химических элементов. В итоге диалектика прорывалась в область учения о микромире. В коренной ломке старых, по сути дела, метафизических представлений и состояла та «новейшая революция в естествознании», о которой писал Ленин, точнее сказать, ее начало. Характерно, что и здесь научная революция была вызвана не эмпирическими открытиями и наблюдениями, а именно их теоретическими объяснениями. Пока эти последние еще отсутствовали, явление радиоактивности вполне можно было примирять с идеей неразрушимого атома. Только после того как в 1902 г. было доказано, что при этом происходит распад атомов и превращение элементов, можно было сказать: «великий революционер-радий»*.

В итоге атом оказался сложным, образованным из электронов (позднее, в 1911 г., было открыто его ядро), делимым, разрушимым, короче говоря, неисчерпаемым. Отсюда делались два диаметрально противоположных вывода. Один принадлежал физикам, пытавшимся сохранить в основе прежнюю концепцию микромира, разрушенную революцией в физике. Они предлагали перенести на электроны все то, что приписывалось раньше атомам. Обосновывалось это так: до сих пор, дескать, не те частицы, какие нужно, считались последними, неизменными, простейшими и исчерпаемыми — вместо атомов надо было считать таковыми электроны.

Второй вывод сделал Ленин. Важно вовсе не то, говорил он, какие именно частицы материи считать исчерпаемыми — атомы или электроны; революция в физике доказала, что любые, сколь угодно малые и простые элементарные частицы являются неисчерпаемыми, т. е. сложными и изменяющимися. «Электрон так же *неисчерпаем*, как и атом, природа бесконечна...»**.

Все последующее революционное развитие физики показало, что Ленин был, безусловно, прав. Его положение о неисчерпаемости электрона явилось, по сути дела, программой для всей субатомной, ядерной физики.

Конструктивная фаза «новейшей революции в естествознании» развернулась в полном ее объеме начиная с 1913 г., когда соединились воедино новейшие физические открытия (электроны, кванты и фотоны, атомное ядро, радиоактивность, рентгеновские лучи) и менделеевская периодическая система элементов. В результате родилась боровская электронная модель атома, что составило главный итог первого этапа «новейшей революции в естествознании».

Но концепция полного качественного тождества макро- и микромира не была еще разрушена до конца. Многие ученые продолжали считать, что электрон — это простой шарик, и двигается он, подобно маленькой планете, по точно очерченным орбитам вокруг атомного ядра как миниатюрного солнца. Следовательно, сохранялись старые представления о классической частице и о характере ее движения внутри атома. Эти старые взгляды составляли к концу первой четверти

* Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 18, с. 266.
** Там же, с. 277.

XX в. главное препятствие для последующего движения в глубь материи.

Следующий этап «новейшей революции» был ознаменован рождением квантовой механики в соединении с ранее уже созданной теорией относительности. Первые симптомы приближавшегося нового подъема (или этапа) «новейшей революции в естествознании» уловил Ленин: в 1922 г. в своей статье «О значении воинствующего материализма» он провел единую линию развития научной революции от открытия радия до теории относительности Эйнштейна.

Возникновение квантовой механики было связано с преодолением конкретного противоречия, образовавшегося в оптике (учении о свете) после создания теории квантов и фотонов: свет оказался одновременно и дискретным (квантованным) и непрерывным (волнообразным). Как совместить обе эти противоположности, физики не знали, и это служило препятствием на пути прогресса науки. Но еще в 1914 г. Ленин подчеркивал: «истинная диалектика»* состоит в том, что ни одно из двух определений — прерывности и непрерывности — не истинно, а истинно лишь их единство. Эту-то диалектику позднее провозгласил де Бройль, объявив, что любой микрообъект — света (фотон) или вещества (электрон) — есть одновременно и волна и корпускула, т. е. представляет собой предвиденное Лениным диалектическое единство прерывности и непрерывности, дискретности и континуальности.

И волна и частица одновременно совмещаются в одном микрообъекте — сказать это было можно, но представить чувственно, наглядно нельзя. Однако это можно представить в абстрактной форме в виде математических формул и выражений. Следовательно, происходила дальнейшая, причем еще более коренная и глубокая, революционная ломка всего способа мышления ученых: отказ от веры в чувственную наглядность явлений микромира, в возможность изображать их в виде механических моделей. Электрон перестал уже мыслиться в виде простого шарика, двигающегося по точным орбитам, а превратился в своего рода «облако» с размытыми краями, а его «орбита» утратила былую резкость и тоже стала размытой полосой. Прежнее качественное отождествление макро- и микромира все больше уходило в прошлое, разрушалось научной революцией, которая тем самым расчищала дорогу дальнейшему прогрессу науки.

Удивительным должно было казаться то, что переход от наглядных моделей микрообъектов к их абстрактно-математическому описанию есть единственный путь и способ для проникновения человеческого познания в глубь материи, в ее микромир. Но еще в 1914 г. Ленин предупреждал относительно чувственной наглядности наших представлений: «Суть в том, что мышление должно *охватить* все «представление» в его движении, а для этого *мышление* должно быть диалектическим. Представление *б л и ж е* к реальности, чем мышление? И да и нет. Представление не может схватить движения *в ц е л о м*, например, не схватывает движения с быстротой 300 000 км в 1 секунду (скорость света — *Б. К.*), а *мышление* схватывает и должно схватить. Мышление, взятое из представления, тоже отражает реальность...»*

Так Ленин разъяснял ту диалектику познания, путь к которой прокладывала продолжавшаяся научная революция. Таковы некоторые ее характерные особенности, таков ленинский подход к ее пониманию.

Современная научно-техническая революция

В середине XX в. началась, как уже говорилось, научно-техническая революция (НТР), в течение которой произошло органическое слияние научной революции с революцией технической в единый революционный процесс. До этого времени складывались ее предпосылки, заключенные в предшествовавшей ей «новейшей революции в естествознании», которая привела в 40-х годах XX в. к овладению внутриядерной («атомной») энергией. Не подлежит сомнению, что в целом нынешние успехи науки и техники явились результатом бурного развития естествознания и прежде всего физики, вызванного великими открытиями, начавшимися в конце XIX в. и с тех пор нарастающими ускоренными темпами.

Главной чертой этого научного движения, отличающей его от предшествующей ступени научного познания, является то, что весь комплекс вновь возникших и ранее существовавших наук, взаимосвязанных и взаимодействующих между собой, обнаружил явно выраженную тенденцию развиваться не только в сфере чисто научного теоретизирования, но и в области практического (технического) освоения его результатов. Реальностью стал процесс превращения науки в непосредственную производительную силу общества (по определению Маркса). Это обстоятельство вызвало коренной переворот в мышлении современных ученых — переход от мышления, развивающегося в рамках лишь одной какой-либо относительно изолированной области научного знания, к комплексному охвату, во-первых, многих взаимовлияющих друг на друга отраслей науки, а во-вторых, практических аспектов и прикладных тенденций их развития.

Научно-техническая революция органически

* Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 29, с. 106.

* Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 29, с. 209.

включает в себя результаты всех предшествующих ей революций, подчиняя их своим собственным задачам. В процессе развития этой революции могут происходить революционные переходы от анализа к синтезу, дальнейшее познание макрообъектов, а также более глубокое проникновение в микрообъекты. И все это происходит в форме движения человеческого познания от ступени абстрактно-теоретической к ступени практической. Так реализуется в полном объеме формула В. И. Ленина: «...от живого созерцания к абстрактному мышлению *и от него к практике* — таков диалектический путь познания *истины*, познания объективной реальности»*.

Подобно всякой научной революции, современная НТР имеет задачи как негативные, критические, так и позитивные, созидательные. Первые состоят в отказе от мышления в категориях изолированности и обособленности одной науки от всех остальных областей знания или науки от практики, а практики от науки. Вторые — в разработке конструктивных решений, показывающих, как надо комплексно связывать, координировать (сополагать) и субординировать (соподчинять) различные отрасли научного знания при постановке и проведении того или иного конкретного исследования и как надо выявлять и осуществлять практическую направленность научных исследований и доводить их через техническое освоение до внедрения в массовое производство.

В XIX в. да и в первой половине XX в. каждая наука имела свой, только ей присущий предмет, а каждый предмет изучался только одной определенной наукой. В условиях НТР произошло коренное изменение: одна наука применяется при изучении многих предметов, причем подчас таких, которые до сих пор считались областью исследования других наук, и, наоборот, один предмет изучается комплексно, т. е. одновременно и во взаимосвязи, многими науками.

По этой причине теоретический синтез распространяется ныне на сами науки: он предполагает, что сами науки (а не только их результаты) связываются между собой воедино в самом процессе комплексного исследования. Именно так изучается теперь, например, жизнь (один предмет) на ее молекулярном уровне, причем в синтезе наук здесь участвуют такие научные дисциплины, как биология, физика, химия, кибернетика, математика, механика и множество междисциплинарных направлений: биохимия, биокибернетика, биоматематика и др. Комплекс всех этих наук известен под именем молекулярной биологии.

Так же комплексно изучаются современной наукой Земля и космос. Комплексной наукой является, например, экология как прямой продукт НТР. Недавно возникло комплексное, междисциплинарное направление теоретических исследований, именуемое науковедением, предметом изучения которого является наука как социальное явление. Однако такое же комплексное изучение самой НТР с точки зрения нераздельной связи между общественными, естественными и техническими науками до сих пор еще не развернуто должным образом, что обусловливает необходимость дальнейшего развития и совершенствования комплексного подхода, освоения его при изучении новых предметных областей, поскольку механизм НТР можно определить как освоение комплексного подхода, в том числе в его применении и к самим наукам, обязательно включая и практические, прикладные направления исследований, а это предполагает изменение взгляда на систему наук.

Связь научных революций с социальными революциями

Связь между социальными и научными революциями очевидна. Социальная революция сама по себе не вызывает научной революции, но она дает такой мощный толчок всему историческому движению, сообщает такие могучие двигательные импульсы прогрессивным факторам и тенденциям в развитии общества, что резко меняются темпы и масштабы свершения исторических событий, в том числе и в области науки. Прогрессивные силы общества, включая ученых, совершающие революцию, за исторически короткие сроки добиваются таких результатов, на достижение которых в мирную, нереволюционную эпоху потребовалось бы во много крат больше времени. Так было, например, в эпоху Возрождения, когда Коперник создал гелиоцентрическое учение. В «Диалектике природы» Ф. Энгельс блестяще охарактеризовал то время: «Это был величайший прогрессивный переворот из всех пережитых до того времени человечеством, эпоха, которая нуждалась в титанах и которая породила титанов по силе мысли, страсти и характеру, по многосторонности и учености»*.

В эпоху английской буржуазной революции середины XVII в. были сделаны открытия и Р. Бойля (способствовавшего превращению химии в самостоятельную науку), и И. Ньютона (создавшего механическую картину мира), и многих других. С великой французской революцией неразрывно связана первая революция в химии, хотя ее инициатор Лавуазье оказался в лагере контрреволюционеров и погиб на гильотине. Революционные события 1848 г. стимулировали свершение второй химической революции и оказали непосредственное воздействие на Маркса и Энгельса, совершивших революционный переворот в философии, политэкономии, учении о социализме.

* Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 29, с. 152—153.

* Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 20, с. 346.

Мощный подъем общественного движения в России, вызванный отменой крепостного права в 1861 г., сказался и на науке. Непосредственный участник этого движения К. А. Тимирязев писал впоследствии в своей работе «Развитие естествознания в России в эпоху 60-х годов»: «За какие-нибудь 10—15 лет русские химики не только догнали своих старших европейских собратий, но порой даже выступали во главе движения, так что в конце рассматриваемого периода английский химик Франкленд мог с полным убеждением сказать, что химия представлена в России лучше, чем в Англии... Успехи химии были несомненно самым выдающимся явлением на общем фоне возрождения наук в ту знаменательную эпоху».

Несравненно более мощное влияние на отечественную науку оказала Великая Октябрьская социалистическая революция, которая дала нашей тогда отсталой стране такой могучий толчок для ее всестороннего развития, что за короткий срок она вошла в число наиболее развитых в культурном, научно-техническом и экономическом отношении стран всего мира. Об этом свидетельствуют величайшие достижения советской науки: первый искусственный спутник Земли и первый полет человека на космическом корабле.

Следовательно, социальный фактор выступает как сила, стимулирующая научный прогресс, а социальные революции — как двигатели, определяющие развитие всего человечества вообще, научной области в частности.

Само рождение марксизма, как уже сказано, было связано с действием социального фактора. Марксизм был подготовлен всем ходом социально-экономического, политического и духовного развития человечества, возник как прямое и непосредственное продолжение завоеваний предшествующей общественной мысли.

Марксизм вызвал великий революционный переворот в каждой из тех областей научного знания, которые затем вошли в него в качестве трех составных частей. Так, в области философии существовал глубокий разрыв между материализмом и диалектикой: диалектика, провозглашавшая деятельное начало, разрабатывалась на почве идеализма, поскольку такое начало приписывалось только духу. Маркс и Энгельс, создав диалектический материализм, открыли путь для дальнейшего свободного развития научно-философской мысли. При этом они как бы «перевернули» гегелевскую диалектику, поставили ее с головы на ноги.

Ранее учения об обществе были ненаучными, поскольку господствовал идеализм в понимании общественных явлений. Маркс и Энгельс разбили преграду, мешавшую материализму проникнуть в эту область знания; распространив его на человеческое общество, они создали исторический материализм, который Ленин охарактеризовал как «величайшее завоевание научной мысли».

В политической экономии Маркс произвел глубочайший революционный переворот, написал свою «Критику политической экономии», а затем «Капитал».

В учении о социализме не менее глубокий революционный переворот вызвало создание Марксом и Энгельсом научного социализма, вытеснившего различные формы утопического социализма, господствовавшего до тех пор.

Марксизм объединил все эти революционные сдвиги и перевороты, охватив единым теоретическим синтезом все три свои составные части и слив их в единое, цельное, монолитное учение. Ленинские высказывания и оценки по этому вопросу в таких его работах, как «Три источника и три составных части марксизма» (1913), «Карл Маркс» (1914), «Фридрих Энгельс» (1895), «Переписка Маркса с Энгельсом» (1913), «Исторические судьбы учения Карла Маркса» (1913) и многих других, позволяют составить общее представление о той величайшей научной революции в истории мировой человеческой мысли, которая связана с созданием и дальнейшим победоносным движением марксистско-ленинского учения. Только марксизм дает правильное представление о неразрывной связи научных революций с революциями социальными. Значение социального фактора особенно возрастает в период НТР.

Научно-техническая революция — сложное, социально обусловленное явление, длительный исторический процесс, главные элементы которого — органически сочетающиеся революция в науке и технике, революция производительных сил, коренное преобразование управления и организации производства, существенное изменение роли и места человека в производстве, а следовательно, изменение социальной структуры, образа жизни людей и т. д.

Все в большей мере становясь непосредственной производительной силой, наука остается при этом формой общественного сознания. Между наукой и современным обществом возникают сложные, комплексные связи, причем социальные условия протекания НТР и ее последствия оказывают самое непосредственное влияние на масштабы, формы и темпы развертывания НТР, на развитие научной мысли. «...Только в условиях социализма научно-техническая революция обретает верное, отвечающее интересам человека и общества направление...», — подчеркнул на XXV съезде КПСС Л. И. Брежнев. Задачам дальнейшего ускорения научно-технического прогресса было уделено большое внимание на XXVI съезде КПСС. Наша партия поставила исторической важности задачу — соединить преимущества социалистического строя с успехами НТР, так как только на основе ускоренного развития науки и техники может быть достигнута конечная цель социалистической революции — построено коммунистическое общество.

ЧЕЛОВЕК

За грань, сквозь толщу тайн, в высоты
Мог мысль победную взнести!

Брюсов В.

К. ДОННЕР
Зрительная адаптация при свете солнца и звезд

Л. МАХО, В. ШТРБАК
Материнское молоко и его заменители

М. МЕБЕЛЬ, Д. ШОЛЬЦ
Трансплантация почек: успехи и перспективы

Р. Н. ПУЛЛАТ
Из ранней истории города Тарту

В. Н. САРИАНИДИ
Сокровища Золотого холма

Мо
Росси
1861
участн
впосл
знания
нибуд
догнал
порой
в кон
химик
сказат
чем в
самым
возро

Не
ствен
социа
шей т
для е
срок
культ
ском
детел
науки
перв

Сл
ет ка
социа
опред
ще, н

Сл
было
Марк
соци
ховн
мое и
пред

М
пере
ния,
сост
суще
лизм
шав
поч
сыва
диал
даль
соф
нул
гол

пос
общ
бил
нут
чел
мат
как

ЧЕЛОВЕК

За грань, сквозь толщу тайн, в высоты
Мог мысль победную взнести!

Брюсов В.

К. ДОННЕР
Зрительная адаптация при свете солнца и звезд

Л. МАХО, В. ШТРБАК
Материнское молоко и его заменители

М. МЕБЕЛЬ, Д. ШОЛЬЦ
Трансплантация почек: успехи и перспективы

Р. Н. ПУЛЛАТ
Из ранней истории города Тарту

В. Н. САРИАНИДИ
Сокровища Золотого холма

Кай Отто ДОННЕР (Donner)
(р. 1922) — финский биолог, профессор зоологии Хельсинкского университета, президент Академии наук Финляндии, специалист в области физиологии зрения, в частности, сравнительной физиологии зрения позвоночных и беспозвоночных животных.
В 1950 закончил философский факультет Хельсинкского университета, в 1953 там же получил степень доктора философии. В 1948—1949 работал в Швеции в Нобелевском Институте нейрофизиологии в Стокгольме, возглавляемом в то время профессором Р. Гранитом, впоследствии лауреатом Нобелевской премии. В 1955—1956 вел исследования в физиологической лаборатории Кэмбриджского университета в Англии. С 1956 по 1962 читал курс лекций по зоологии в Хельсинкском университете. С 1962 по 1972 занимал различные посты в Отделении естественных наук Академии наук Финляндии, в 1973—1975 вел интенсивную исследовательскую работу в Академии наук. С 1975 занимает должность профессора зоологии Хельсинкского университета, в начале 1980 избран президентом Академии наук Финляндии.

Научные работы К. О. Доннера касаются остроты зрения и цветового зрения птиц, физиологии сетчатки млекопитающих, а в последнее время — процессов интеграции и адаптации в сетчатке амфибий. Он изучает также факторы, определяющие ориентацию и мотивы миграции арктических уток через Финляндию, используя при этом методы радарного наблюдения. Сравнительно недавно провел исследование зрения и циркадной (суточной) активности ракообразных одного из морских заливов Финляндии.
В 1957—1975 К. О. Доннер — президент Общества фауны и флоры Финляндии, а с 1975 по 1979 — постоянный секретарь Научных обществ Финляндии.

КАЙ ОТТО ДОННЕР

Зрительная адаптация при свете солнца и звезд

Зрение можно отнести к одному из важнейших органов чувств: оно обеспечивает нас наиболее детальной информацией о свойствах внешнего мира. Преобладающая часть реакций и действий человека, как и огромного большинства животных (позвоночных и беспозвоночных), основана на информации, поступающей из глаз в мозг.

То, что мы фактически видим, извлекается из свойств изображения внешнего мира, которое создается оптической системой глаза (состоящей из хрусталика и роговицы) на сетчатке и ее светочувствительных клетках на задней стороне глазного яблока (рис. 1, *А* и *Б*). В этом отношении глаз напоминает камеру, где мозаика рецепторных клеток сетчатки представляет собой фотопленку. И здесь мы встречаемся с проблемой, которая состоит в том, что интенсивность света, освещающего предметы окружающего мира, исключительно сильно варьирует. Это зависит от времени суток и облачности, а у водных животных еще и от степени поглощения света водой.

Переход от яркого солнечного дня к ночи, когда небо чисто, луны нет и видны лишь звезды, означает изменение освещенности на величину, приближающуюся к 10^{10}, т. е. освещенность меняется в тысячу миллионов раз. И все же можно сказать, что даже ночью некоторые существенные признаки изображения различаются, некий вид зрения возможен, хотя способность восприятия цвета утеряна и острота зрения не столь велика, как в ясный день. Глаз определяет небольшие различия в интенсивности света, отраженного от разных предметов. Совершенно очевидно, что это было бы невозможно, если бы глаз не регулировал свою чувствительность к свету в соответствии с условиями освещения, определенным образом смещая свою шкалу измерения светового потока. Существует значительное число морфологических и физиологических механизмов, обеспечивающих необходимую регулировку и настройку. В широком смысле слова все эти процессы могут быть отнесены к явлению зрительной адаптации.

Морфологические механизмы адаптации

Способность хорошо видеть при сильно различающихся условиях освещения и, главное, при очень слабом свете наиболее развита у ночных животных.

Фотография кошки на рис. 2 сделана в условиях очень слабой освещенности при вспышке света малой интенсивности возле объектива фотоаппарата. Как можно видеть, зрачок у кошки широко открыт, так что в глаз попадает максимально возможное количество света. При сравнении с глазом человека зрачок кошки существенно больше: наибольший диаметр зрачка человека около 8 мм, в то время как у кошки — 12—13 мм (общий размер кошачьего глаза несколько меньше человеческого). В суженном состоянии зрачок кошки в противоположность круглому зрачку человека образует щель. Такое изменение формы зрачка у кошки может рассматриваться как более эффективный механизм регулирования потока света, поступающего в глаз.

С точки зрения такой регуляции вариации в размере зрачка могут изменять освещенность сетчатки примерно в 100 раз у ночных животных, подобных кошке; для человеческого глаза соответствующая цифра — около 16. Эти величины показывают, что в широком диапазоне освещенностей, наблюдающихся в природе (10^{10}), один зрачок не способен обеспечить необходимую регулировку (адаптацию).

Другая особенность физиологической оптики глаза ночных животных, представленная на рис. 2, — это отражение света в глазу. Свет сначала отражается от поверхности роговицы, а затем также от внутренней поверхности глазного яблока благодаря особому слою (тапетуму), расположенному позади сетчатки. Обычно у животных, ведущих активную жизнь днем, тапетум позади сетчатки черный и поглощает фотоны. Отражение же света от тапетума означает, что свет на своем пути назад вторично проходит через

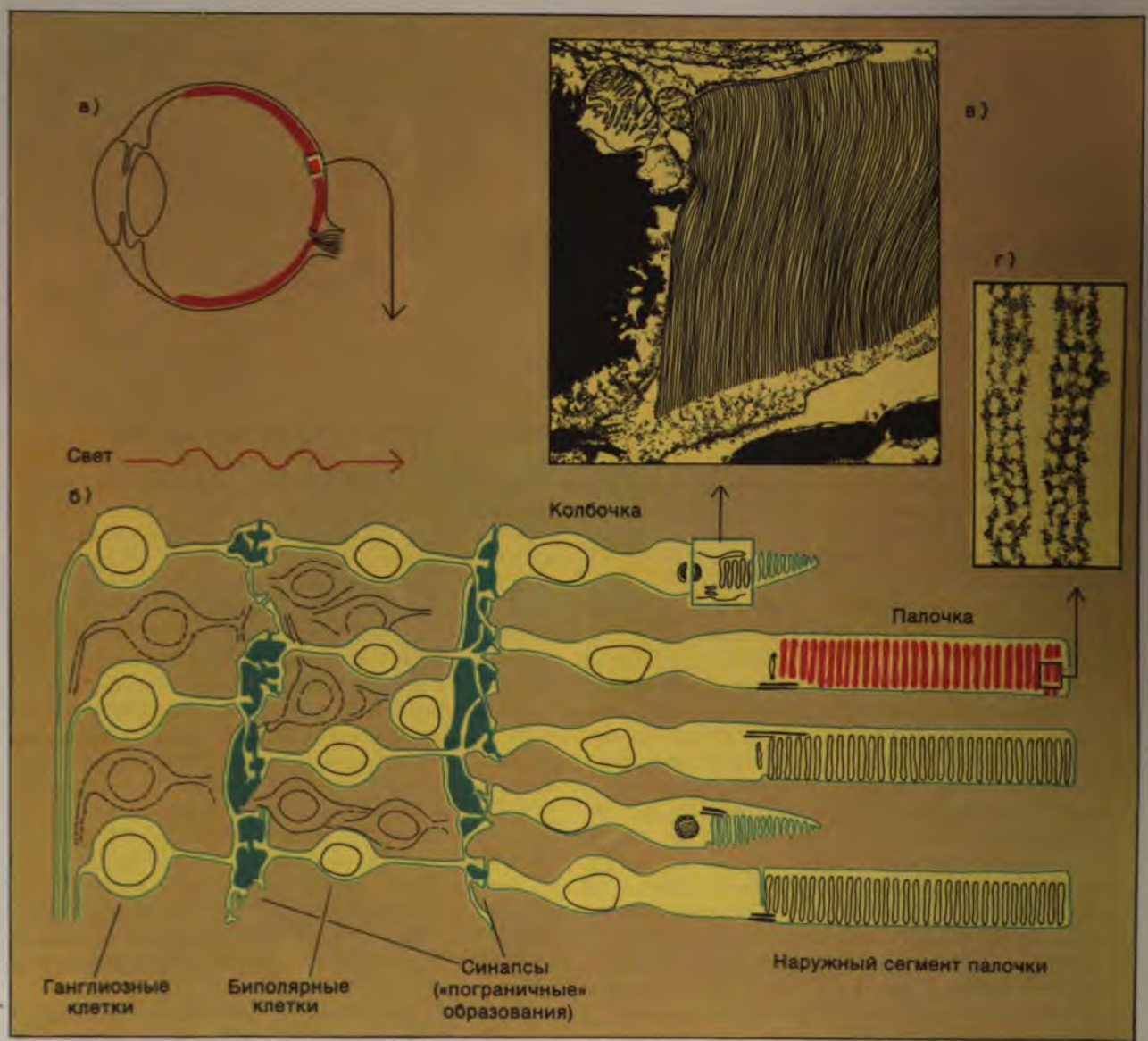


Рис. 1. Сетчатка позвоночного (лягушки), ее палочки и колбочки — светочувствительные (фоторецепторные) клетки — и нейроны (ганглиозные и биполярные клетки), а также связи между ними:
а **— схема глазного яблока, на которой квадратом выделен участок сетчатки, показанный ниже (*б*) в деталях ; *в* — электронно-микроскопическая фотография наружного сегмента колбочки лягушки; *г* — ультраструктура двух мембранных дисков, или плоских мешочков, в наружном сегменте палочки.**
Свет проходит через прозрачные слои ряда нейронов, прежде чем достигнет светочувствительных клеток, содержащих зрительный пигмент

сетчатку с ее слоем зрительных клеток (фоторецепторов). Доля света, поглощенная этими клетками и вызывающая зрительное возбуждение, увеличивается, и тем самым условия для зрения при очень низких уровнях освещенностей улучшаются. И все же светоотражающий тапетум может не более чем удвоить количество света, поглощаемого зрительными клетками.

Как уже было сказано, у большинства животных тапетум глаза черный. А что мы знаем о действии черного слоя? Пигментные клетки, его образующие, содержат плотные скопления черных гранул. Отростки пигментных клеток заходят в промежуточное пространство между светочувствительными клетками. У многих холоднокровных позвоночных, таких, как рыбы и лягушки, черный пигмент способен интенсивно мигрировать, так что он, как это хорошо видно на гистологических препаратах, заполняет пространство вокруг зрительных клеток при дневном свете и передвигается назад, «прячась» за сетчатку, в темноте. Измерения потока света, достига-

Рис. 2. Эффект присутствия отражающего слоя, расположенного в глазу кошки позади сетчатки. Свет, проникающий в глаз через хрусталик, отражается назад, проходя таким образом дважды через слой фоторецепторов и тем сильнее поглощаясь светочувствительными пигментами. Снимок сделан при очень слабом общем освещении с помощью вспышки малой интенсивности

ющего зрительных клеток, показывают, что в условиях сильной освещенности палочки защищаются черным пигментом столь эффективно, что интенсивность света, падающего на них, уменьшается на ⅓.

Эти морфологические особенности глаза приводят, однако, к возникновению и других эффектов, помимо увеличения или уменьшения количества света, достигающего сетчатки. Например, светоотражающий тапетум увеличивает количество рассеянного света в глазу, который уменьшает контрастность изображения на сетчатке и таким образом ухудшает восприятие деталей.

Следовательно, эволюция, формируя структуру глаза, дабы приспособить его к огромным перепадам условий освещенности, должна была справиться и с другими сложностями, касающимися его рабочих характеристик.

Характерные особенности сетчатки

Свет, попадающий в глаз через зрачок, вначале проходит сквозь прозрачные слои нервных клеток (нейроны) сетчатки, прежде чем достичь зрительных клеток (фоторецепторов), содержащих светочувствительные вещества — зрительные пигменты. Пигменты претерпевают химические превращения при освещении и, таким образом, инициируют процесс зрения.

Распространяясь вдоль фоторецептора, процесс возбуждения передается через синапсы назад к биполярным клеткам, которые, в свою очередь, передают нервные сигналы на ганглиозные клетки, а те дают начало волокнам зрительного нерва, по которым то или иное сообщение в виде кода нервных импульсов поступает в зрительные центры мозга.

В сложном процессе зрения фоторецепторы, следовательно, представляют светорегистрирующую систему, а совместная работа биполярных и ганглиозных клеток, дополненных рядом других «вспомогательных» клеток, обеспечивает многочисленные боковые горизонтальные связи в сетчатке, осуществляя первичный анализ изображения на сетчатке. Следовательно, импульсы, проходящие по волокнам зрительного нерва в мозг, являются не простым отражением интенсивности света, падающей на каждый небольшой участок сетчатки, а соответствующим образом переработанными сигналами, по сравнению с исходными сигналами фоторецепторов.

Фактически большинство ганглиозных клеток получает информацию не от одного, а от многих фоторецепторов и, значит, имеет место большая степень конвергенции (сбор сигналов от многих фоторецепторов в одной ганглиозной клетке).

Особый интерес, с точки зрения физиолога, имеет существование в сетчатке двух типов фоторецепторов: палочек и колбочек. Этот факт, известный с середины XIX в., привел к созданию так называемой двойственной теории зрения. Основное наблюдение гистологов состояло в том, что дневные животные содержат в своей сетчатке преимущественно колбочки, в то время как ночные имеют практически только палочки. Из этих наблюдений был сделан вывод, что два типа фоторецепторов приспособлены для восприятия или яркого света (колбочки), или слабого света (палочки). У человека и большинства животных найдены оба типа фоторецепторов. Благодаря им глаз обладает как системой зрения на ярком свету с хорошим разрешением деталей и различением цвета (что осуществляется колбочками), так и системой палочкового зрения в сумерках с потерей деталей и отсутствием цветовосприятия. Такое функциональное устройство чрезвычайно расширяет диапазон освещенностей, в пределах которого глаз способен работать.

Представление о том, что цветовое зрение осуществляется благодаря колбочкам, было, однако, выдвинуто еще раньше, в XVIII в., в результате исследования свойств цвета и цветового зрения человека. А именно Ломоносов в 1757 г. оказался одним из первых, кто заговорил о существовании трех особых процессов в цветовом зрении. Много позже его идея нашла подтверждение. Она была окончательно обоснована современными работами с использованием методов микроспектрофотометрии, которые показали су-

ществование трех функционально различных типов колбочек в глазу, в разной степени чувствительных к красному, зеленому и синему свету.

Темновая и световая адаптации

Войдите в темную комнату после пребывания на ярком солнечном свету. Вначале, если в комнате света очень мало, ничего не видно, однако через 30—40 мин глаз повышает свою чувствительность, и тогда становятся различимыми все больше и больше деталей. Это так называемый процесс темновой адаптации (очень медленный). Он был тщательно исследован в глазу человека в психофизических экспериментах такого рода. У человека определяли порог зрительного восприятия — едва различимую интенсивность предлагаемого тестового поля в разное время после воздействия яркого света, причем интенсивность поля все более сходила на нет.

Когда графически величины порога наносятся как функция времени адаптации, экспериментальная кривая приобретает типичный вид (рис. 3). Сразу можно сказать, что в ходе темновой адаптации растет чувствительность сетчатки. Ордината на рис. 3 представлена в логарифмическом масштабе и, таким образом, изменение чувствительности в пределах 3 единиц соответствует здесь 1000-кратному изменению порога.

Другая характерная черта исследуемого процесса состоит в том, что кривая распадается на две части, выявляя (если основываться на экспериментах с изолированной сетчаткой лягушки) существование двух различных механизмов, которые определяют чувствительность сетчатки. И это в действительности так: вначале порог определяется колбочками, затем после перелома на кривой адаптации «эстафету перехватывают» более чувствительные, но существенно медленнее адаптирующиеся палочки. Этот вывод, естественно, не вытекает прямо из психофизических экспериментов на человеке: допустимо было бы предположить, что процесс темновой адаптации происходит при этом где-то на зрительном пути от глаза к мозгу, а не в сетчатке.

Прямые результаты могут быть получены в физиологических экспериментах с глазами животных. У лягушки, например, глаз может быть извлечен немедленно после забивания животного, затем разрезан пополам, и тогда адаптационные процессы в сетчатке могут быть исследованы непосредственно в глазном бокале.

Итак, темновая адаптация — это процесс, который происходит в сетчатке. Но где именно? В каких клетках: фоторецепторных, биполярных, ганглиозных?

Для выяснения этого вопроса сетчатку лягушки извлекали из глазного бокала и затем помещали в соответствующий физиологический раствор. В таких условиях сетчатка может оставаться живой и функционировать несколько часов. При добавлении в раствор небольшого количества аспартата натрия рецепторы химически «отсоединяются» от остальных нервных слоев сетчатки, и, значит, их активность может исследоваться отдельно. В таком обработанном аспартатом препарате сравнительно просто зарегистрировать суммарную электрическую активность фоторецепторного слоя, прикладывая электроды к обеим сторонам сетчатки. Освещение вызывает в фоторецепторах возникновение электрического ответа, известного как рецепторный потенциал. Природа его будет описана ниже. Он не возникает по так называемому закону «все или ничего», характерному для нервного импульса. Рецепторный потенциал — это локальное градуальное (постепенное) изменение потенциала зри-

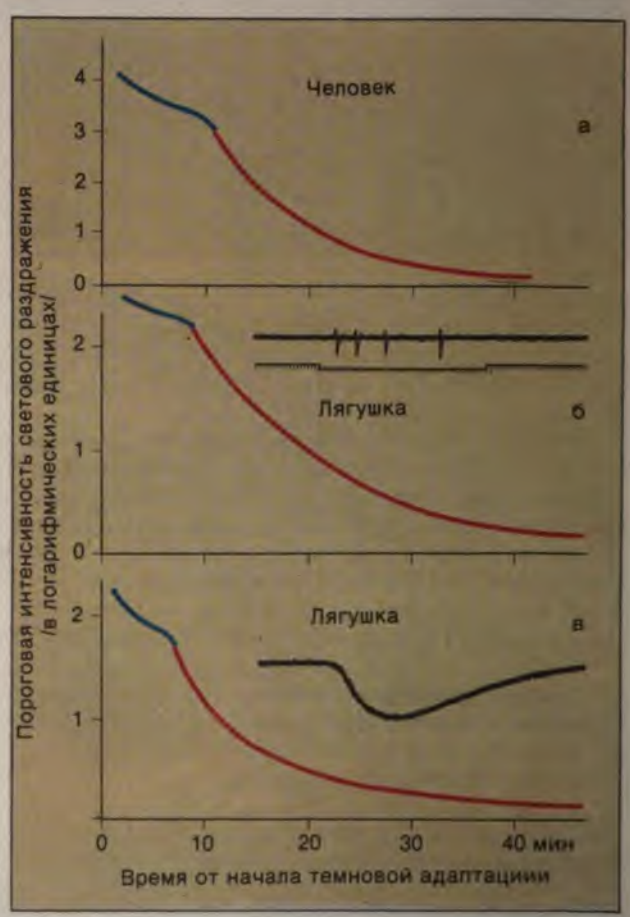


Рис. 3. Кривые темновой адаптации у человека и лягушки: *а* **— глаза человека (психофизический опыт);** *б* **— сетчатка лягушки при регистрации электрической активности ганглиозных клеток;** *в* **— сетчатка лягушки при регистрации фоторецепторного потенциала. Первая часть каждой кривой — порог, определенный для колбочек, вторая — для палочек. Примеры осциллографических записей электрической активности в сетчатке лягушек показаны справа**

тельной клетки, которое тем больше, чем сильнее световой стимул. На таком препарате, кстати, снова могут быть проведены опыты по темновой адаптации, когда измеряют интенсивность света, достаточного для возникновения слабого ответа (около 10 мкВ) в различные моменты пребывания изолированной сетчатки в темноте после ее предварительного освещения ярким светом. Как мы уже видели (см. рис. 3), экспериментальная кривая оказывается при этом почти идентичной той, что получается при регистрации импульсной активности ганглиозных клеток.

Именно она четко указывает на то, что процесс темновой адаптации локализован в самих фоторецепторах и что, действительно, две ветви кривой темновой адаптации обязаны работе колбочек и палочек. То, что это так, более определенно может быть продемонстрировано, если экспериментально снять кривую спектральной чувствительности (чувствительности глаза к различным длинам волн видимого спектра), которая различна для колбочек и палочек. Показано, что во время первой (быстрой) фазы адаптационного процесса спектральная чувствительность — это эффект колбочек, а во время второй (медленной) фазы адаптации — палочек. Кроме того, может быть показано, что во время первой фазы сетчатка чувствительна к небольшим изменениям угла падения стимулирующего света, тем самым демонстрируя так называемый эффект Стайлса — Крауфорда, характерный для колбочек. Этот эффект исчезает в ходе второй фазы (медленной ветви) кривой темновой адаптации.

Темновая адаптация по своей природе, повторяем, — медленный и градуальный процесс. Такова ее отличительная черта. Несомненно, это не вполне соответствует быстро меняющимся условиям освещения, столь часто встречающимся в нашей современной повседневной жизни, где также большое место занимает искусственный свет, который в любой момент может быть выключен. Однако это свойство темновой адаптации досталось нам вместе со всеми другими позвоночными, и оно, по-видимому, является адекватным приспособлением к постепенному изменению световых условий окружающей среды, происходящему в природе при заходе солнца. И у холоднокровной лягушки при температуре окружающей среды плюс 8—10°С, и у человека при температуре тела 37°С скорость процесса темновой адаптации оказывается практически одинаковой.

В противоположность темновой адаптации световая адаптация, как испытывал на собственном опыте каждый, — весьма быстрый процесс. Только если изменения в освещенности слишком значительны, например когда мы переходим из абсолютной темноты, будучи полностью темноадаптированы, на очень яркий свет, вызывающий ослепляющий эффект, несколько минут может пройти, пока глаз не приспособится к новым условиям.

Изменения в чувствительности глаза по отношению к тому, что может быть названо фоновым освещением, оцениваются по минимальной, едва различимой разнице между меняющейся освещенностью и постоянным фоном. Изменение чувствительности может быть описано в виде закона Вебера, согласно которому едва заметная разница в освещенностях (ΔJ) пропорциональна интенсивности фонового освещения ($\Delta J / J = \text{const}$).

Так же как в случае темновой адаптации, основное регулирование чувствительности в ходе световой адаптации происходит в фоторецепторных клетках. В результате проблема темновой и световой адаптации глаза и сетчатки становится частью общего вопроса о свойствах и функции фоторецепторов.

Структура и функция фоторецепторов

На рис. 1 представлена общая структура палочек и колбочек. В клетках обоих типов могут быть выделены две части: наружный сегмент с ламеллярной (слоистой) ультраструктурой, содержащий светочувствительное вещество (фотопигмент, или зрительный пигмент), и внутренний сегмент, содержащий клеточное ядро, скопление митохондрий. Далее он переходит в пресинаптическое окончание, где образуется синаптический контакт с клетками нервных слоев сетчатки. Ламеллярная структура наружного сегмента образуется благодаря инвагинациям, впячиваниям, плазматической мембраны (оболочки) клетки. В палочках эти инвагинации в конце концов теряют контакт с клеточной мембраной, в то время как в колбочках этот контакт сохраняется. Четкое различие существует также в форме наружного сегмента, подчеркнутое самими названиями фоторецепторов.

Такие слоистые или трубчатые структуры типичны для всех живых клеток, которые несут световоспринимающую функцию. Светочувствительные фотопигменты — первое звено в цепи процессов, ведущих к зрительному восприятию, — локализованы в этих мембранных структурах. Фотопигменты относятся к хромопротеидам, содержащим специфический белок (опсин) и альдегид витамина А (ретиналь) в качестве хромофорной (окрашивающей) группы. Результатом действия света является изомеризация (внутренняя перестройка) молекулы витамина А из ее исходной так называемой 11-цис конфигурации в «полностью-транс» (all-trans)-форму (рис. 4). За этой реакцией следуют конформационные изменения в белковой части молекулы, характер которых все еще полностью не установлен, но которые несомненно инициируют процесс возбуждения фоторецептора. Все эти вопросы исследуются с помощью изощренных методов,

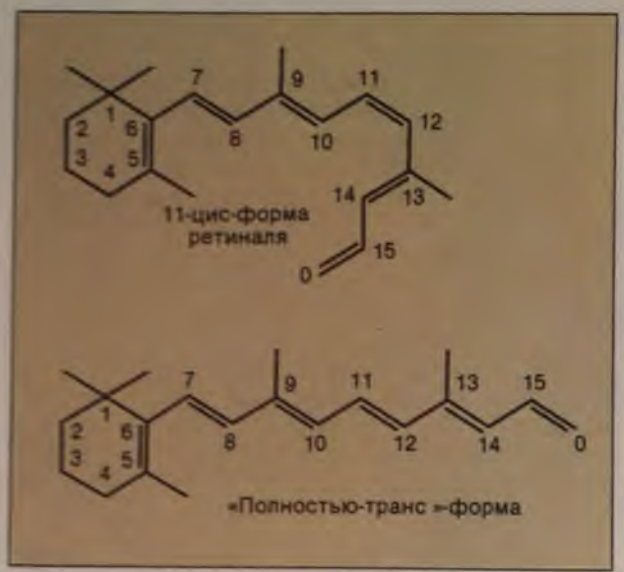


Рис. 4. Хромофорная (окрашивающая) группа молекулы зрительного пигмента, которая при поглощении кванта света перестраивается и превращается из 11-цис в «полностью-транс»-форму

Рис. 5. Изолированная и распластанная сетчатка лягушки-быка (Rana catesbeiana), препарированная при красном свете, дабы избежать обесцвечивания палочкового зрительного пигмента. Палочки в нижней части сетчатки содержат родопсин (благодаря чему сетчатка имеет пурпурный цвет), а в верхней — в основном порфиропсин (хромофором является витамин A_2, определяющий ее более фиолетовый оттенок). Такова исходная окраска сетчатки. Через 1 мин после действия яркого белого света она становится иной. Освещение переводит хромофорные группы молекул зрительного пигмента из 11-цис в «полностью-транс»-форму. Эта фотохимическая реакция вызывает спектральный сдвиг: максимум спектра поглощения перемещается с 500 нм (родопсин) в область 380 нм (метародопсин II), отчего сетчатка желтеет

доступных современной биохимии, во многих лабораториях мира.

Молекулы фотопигмента как бы плавают в мембране, они свободно вращаются вокруг оси, перпендикулярной мембране, и диффундируют в ее плоскости. Однако они при этом сохраняют специфическую ориентацию, так что свет, падающий вдоль длинной оси наружного сегмента, поглощается наиболее эффективно.

Для процесса зрительной рецепции существенно, что каждый из фотопигментов обладает характерным спектром поглощения. Наиболее изучен фотопигмент родопсин (зрительный пурпур), который типичен для палочек позвоночных. В связи с исключительно большим размером наружного сегмента палочек в них имеется достаточное количество этого вещества. Поэтому существует возможность экстракции этого вещества из сетчатки и исследования его свойств в растворе.

У большинства сухопутных позвоночных максимум поглощения видимого света соответствует 500 нм (зеленая область спектра). Однако у водных животных, в частности рыб, максимумы спектров поглощения весьма различны, что обычно рассматривается как адаптация тех или иных видов к определенным световым условиям окружающей среды. Ведь естественные водоемы существенно различаются по цвету. Велика разница между голубой водой океана, желто-зелеными прибрежными водами и подчас коричневой водой некоторых рек и озер. Соответственно фотопигмент палочек у многих видов рыб имеет максимум поглощения в области 470—480 нм (голубой цвет), у других видов рыб, живущих в

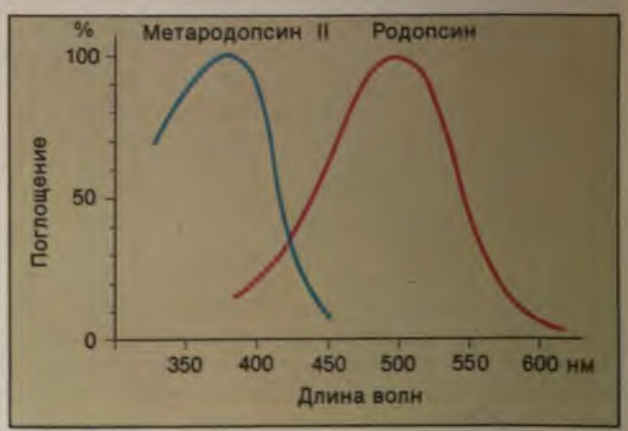


Рис. 6. Спектры поглощения родопсина и метародопсина II, соответствующие тем изменениям цвета сетчатки, которые вызваны ее освещением (по Т. Рейтеру)

прибрежных водах, — около 500 нм и у пресноводных рыб — около 530—540 нм.

Если, например, извлечь сетчатку из глаза лягушки при темно-красном свете (дабы не обесцветить родопсин в палочках), то можно увидеть, что она первоначально имеет пурпурный цвет благодаря присутствию в ней фотопигмента. На рис. 5 слева представлена изолированная и распластанная сетчатка лягушки-быка (Rana catesbeiana) до и через 1 мин после освещения ее белым светом. Исходный родопсин, который поглощал (рис. 6) в основном синий, зеленый и желтый свет и, следовательно, выглядел пурпурным, превратился в результате освещения

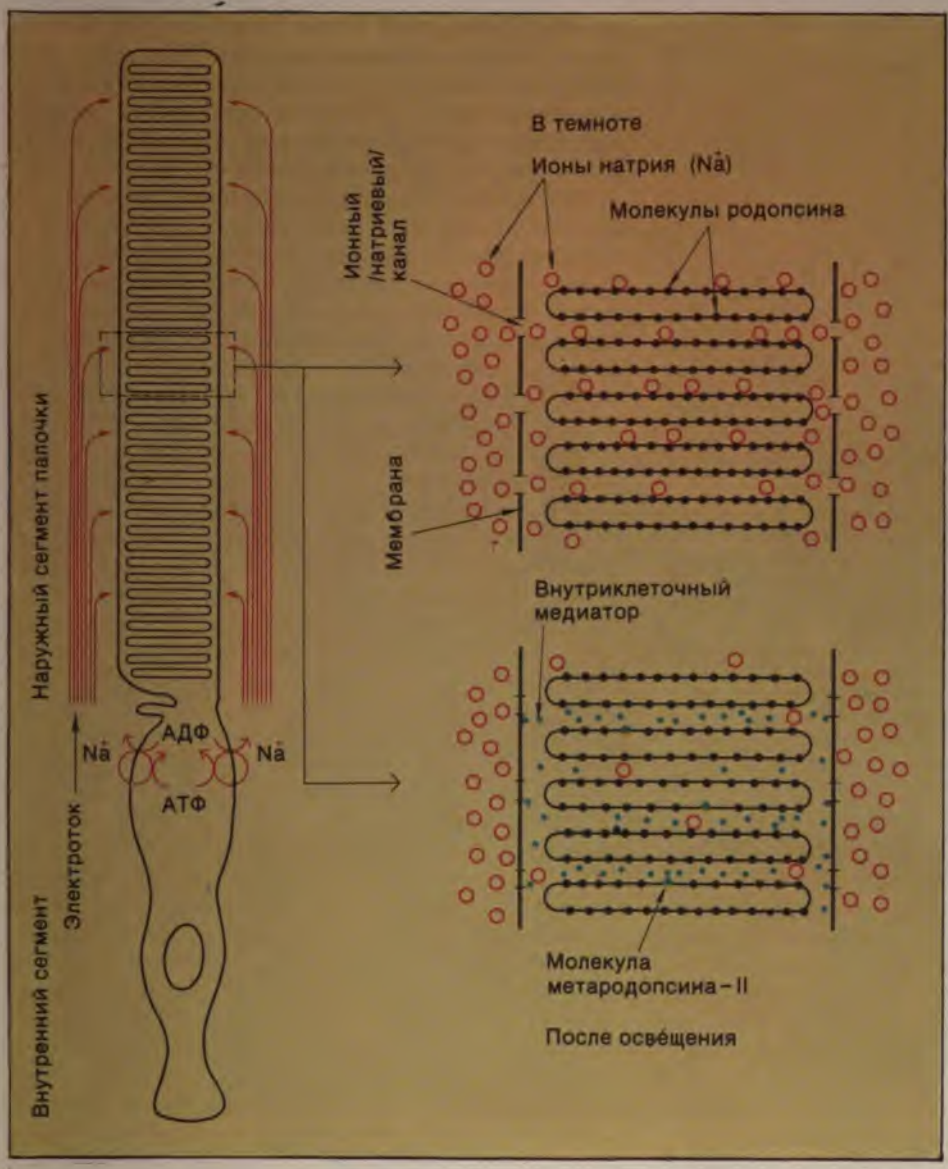


Рис. 7. Механизм работы палочки сетчатки. Слева представлена темновая ситуация: электрический ток, носителем которого являются положительно заряженные ионы натрия, течет из внутреннего сегмента к наружному (на рисунке — вверх), ионы натрия проходят через поры (натриевые каналы) в мембране (оболочке) наружного сегмента и возвращаются (вниз) внутри клетки. Ток поддерживается благодаря работе АТФ-зависимого насоса, находящегося в мембране внутреннего сегмента; насос качает ионы натрия наружу против концентрационного градиента. Фрагмент наружного сегмента представлен в правой части рисунка: вверху — в темноте, внизу — после освещения. В темноте ионы натрия входят внутрь наружного сегмента через открытые каналы.
В результате освещения некоторая часть молекул родопсина превращается в форму метародопсина II. Далее высвобождается внутриклеточный посредник (медиатор), который взаимодействует с молекулярной структурой натриевых каналов и блокирует их, отчего мембрана наружного сегмента гиперполяризуется (мембранный потенциал увеличивается).

в вещество метародопсин II, поглощающий синий и фиолетовый свет, и, следовательно, в вещество оранжевого и желтого цвета. Особенно интересен здесь тот факт, что у этого вида лягушки нижняя часть сетчатки содержит обычный родопсин, а верхняя — порфиропсин (фиолетовый пигмент) с витамином A_2 в качестве хромофорной группы (вместо витамина A_1, как в родопсине). Порфиропсин поглощает красный и желтый свет более эффективно, нежели родопсин. Характер распределения и одновременное присутствие в сетчатке этих двух фотопигментов, вероятно, обусловлены тем фактом, что лягушки этого вида в основном питаются водными животными и смотрят вниз в воду, используя верхнюю часть сетчатки, а в пресной воде лучше проходит свет красной и желтой областей спектра.

Освещение сетчатки ярким белым светом вызывает переход родопсина (500 нм) в метародопсин II (380 нм) через ряд очень короткоживущих промежуточных продуктов. Этот переход происходит менее чем за 0,1с при физиологических температурах. Метародопсин II распадается затем (частично через другой окрашенный промежуточный продукт — метародопсин III, 475 нм) на ретиналь (альдегид витамина А, 380 нм) и белок опсин. Конечным продуктом обесцвечивания фотопигмента является бесцветный витамин А (ретинол), не способный более соединяться со специфическим белком опсином, а также сам опсин. Таким образом, исходный светочувствительный хромопротеин становится полностью обесцвеченным. Распад метародопсина II — это, по-видимому, процесс, зависящий от температуры; он длится в палочке лягушки при плюс 12—15°С 40—50 мин. Следовательно, малове-

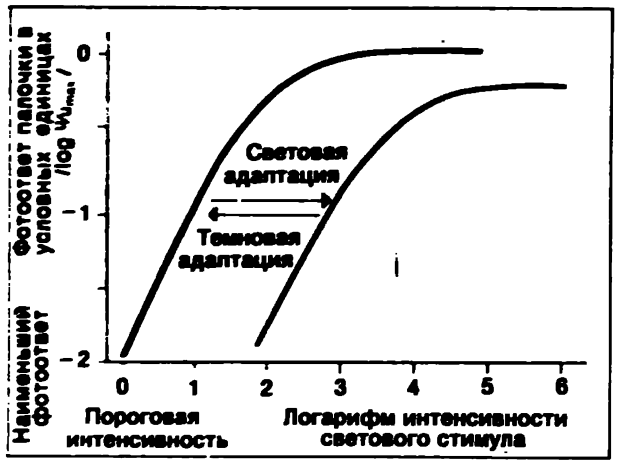


Рис. 8. Силовые кривые (стимул — ответ) для палочек сетчатки лягушки. Кривая слева: состояние полной темновой адаптации. Кривая справа: после обесцвечивания небольшой части родопсина (≈ 8%). Обесцвечивание сдвигает силовую кривую почти на 2 логарифмические единицы в сторону больших интенсивностей светового стимула, в то же время понижая максимальную амплитуду почти вдвое по сравнению с исходным уровнем. Рабочий диапазон палочек меняется без потери способности различать небольшие изменения в интенсивности светового стимула. Аналогичный сдвиг кривой имеет место и в случае, когда ответ измеряется в присутствии постоянного фонового освещения

роятно, чтобы он участвовал в собственно зрительном процессе, который, судя по всему, запускается переходом родопсина в метародопсин II. Высвободившийся при обесцвечивании родопсина ретинол затем переносится в «полностью-транс»-форме из палочки в окружающий ее пигментный эпителий, где он снова с помощью специальной ферментативной реакции возвращается в II-цис изомерную форму. Вслед за этим ретинол попадает в палочку и используется там для образования новой молекулы родопсина.

Что происходит в палочке сетчатки, когда в ней протекает фотохимическая реакция?

В полной темноте в палочке наблюдается так называемый темновой ток, носители которого — ионы натрия (рис. 7). Эти положительно заряженные ионы переносятся из внутреннего сегмента в наружный, куда попадают через его ионные каналы (поры в мембране), а оттуда откачиваются с помощью механизма ионного насоса снова во внутренний сегмент. Этот насос поддерживает низкую концентрацию ионов натрия внутри клетки по сравнению с внеклеточной, окружающей наружный сегмент, средой. Эквивалентная электрическая схема для натриевого тока представлена на рис. 8.

При освещении палочки натриевые каналы в наружном сегменте блокируются (закрываются) в большей или меньшей мере — в зависимости от интенсивности стимулирующего света. Электрическое напряжение на мембране наружного сегмента вследствие этого увеличивается, говоря иначе, клетка гиперполяризуется. Электрический ответ палочки противоположен по знаку (+) тому, что наблюдается у большинства других сенсорных (рецепторных) клеток при стимуляции, когда обычным результатом является не гипер-, а деполяризация (−). Деполяризация приводит к высвобождению некоего химического передатчика в синапсе, связывающем рецептор с другими клетками. В результате в этих клетках возникает процесс возбуждения, как это вообще и происходит в нервной системе. В палочках же и колбочках ситуация обратная: в темноте они находятся в возбужденном состоянии, и в их наружный сегмент непрерывно входят ионы натрия. Их поступление уменьшается или прекращается вовсе при освещении клетки.

В полностью темноадаптированном состоянии палочки сетчатки представляют собой исключительно чувствительный световой детектор. Как это было давно показано в психофизических опытах, абсолютный порог зрения для человеческого глаза столь низок, что поглощение даже одиночного кванта света оказывается достаточным для стимуляции палочки сетчатки. Сравнительно недавно это было подтверждено в электрофизиологических опытах при внутриклеточной регистрации от одиночных изолированных палочек.

Рассмотрим события в одиночной палочке лягушки. Ее наружный сегмент (см. рис. 1) — это цилиндрическая структура диаметром 6—7 мк и длиной 60—70 мк, содержащая около 1500 плоских дисков, или мешочков, расположенных друг над другом. В каждом наружном сегменте содержится около $2 \cdot 10^9$ молекул родопсина и, следовательно, не менее 10^6 молекул в одном диске. В полностью темноадаптированном состоянии вполне достаточно, чтобы только одна из этих молекул поглотила один квант света. В результате этого произойдет изомеризация хромофора (ретиналя) из 11-цис в «полностью-транс» изомерную форму.

Факт изомеризации заставляет сделать два важных вывода:

1. Поскольку в палочках нет непосредственного контакта между мембранами дисков и плазматической мембраной наружного сегмента, то должен быть некий внутриклеточный химический посредник (медиатор), который диффундирует от места изомеризации к мембране наружного сегмента и блокирует в ней некоторое количество натриевых каналов. При этом связывание посредника с молекулярной структурой канала должно быть обратимо.

2. Уже говорилось, что поглощение одного-единственного кванта в палочке вызывает реакцию гиперполяризации. Эта реакция даже при таком минимуме энергии составляет около $\frac{1}{10}$ максимальной гиперполяризации, которая вообще может быть зарегистрирована (около 10 мВ).

В данном процессе число молекул медиатора много больше числа молекул родопсина, поглотивших кванты света. На этой стадии должен существовать некий механизм усиления.

Электрическая гиперполяризация U палочки в ответ на освещение может быть описана уравнением Михаэлиса: $U/U_{max} = U/J + J_H$, где U_{max} — максимальный фотоответ, J — интенсивность светового стимула и J_H — пороговая (минимально возможная) интенсивность стимула. Получающаяся кривая показана на рис. 8.

Рецептор без адаптации способен измерять интенсивности света в пределах примерно двух логарифмических единиц, пока не произойдет насыщения. Таким образом, в этих пределах глаз способен различать лишь интенсивность, примерно в 100 раз большую, чем пороговая.

Следует, таким образом, подчеркнуть, что при очень малых освещенностях палочка — исключительно эффективный детектор света. Дальнейшее усиление обеспечивается тем, что сигналы от большого числа палочек суммируются в сетчатке и сходятся на одиночной ганглиозной клетке. Например, у лягушки один из типов ганглиозных клеток получает на входе сигналы от 2000 палочек, но достаточно 10 палочкам из всего этого огромного количества поглотить по фотону, чтобы в волокне зрительного нерва возник сигнал, посылаемый ганглиозной клеткой в мозг. Вместе с тем, если палочки постоянно освещаются хотя бы слабым светом или если они даже на короткое время подвергаются действию достаточно яркого света, то можно видеть, как их очень высокая светочувствительность исчезает. При измерении ответа на свет видно, что уравнение Михаэлиса удовлетворительно описывает отношение «интенсивность—ответ». Но теперь параметры в уравнении изменились. Основное изменение состоит попросту в том, что уже намного более сильный свет, нежели раньше, может вызвать определенный ответ. Следовательно, чувствительность рецептора существенно упала.

СТО ЛЕТ НАЗАД

МОСКВА. Чем мы можем бороться с чахоткой? Надо сознаться, что доктора и аптеки здесь бессильны. Как везде и всегда сила и удача нашей будущей победы над чахоткою заключается в успехах науки. Мы знаем нашего врача, а это уже много. Этот врач силен тем, что очень мал и невидим. Конечно, если еще нельзя при настоящем состоянии науки действовать на самих бактерий, то можно приготовить им такую почву, на которой они не могли бы развиваться, т. е. укреплять тело.
Но это не всегда в руках медицины; улучшить жизнь человека это — дело его собственной совести.

«Известия Общества любителей естествознания»

Адаптационные процессы в палочке сетчатки

Рассматривая функционирование палочки и, в частности, ее ответ на освещение, представляющий собой, как уже говорилось, соответствующую гиперполяризацию, можно выделить два типа уменьшения ее светочувствительности. Первый: кривая «ответ—интенсивность» (см. рис. 8), не меняясь по своему характеру, может сдвигаться горизонтально вдоль оси логарифма интенсивности от 0 до тех пор, пока в палочке не обесцветится около 8% родопсина. В этих границах ответ палочки может достигать своей исходной максимальной амплитуды, но для этого требуется все бóльшая интенсивность света по мере сдвига (с уменьшением количества родопсина падает светочувствительность). Второй: когда обесцвечивание родопсина достигает примерно 8%, кривая ответа палочки уменьшается по амплитуде и не в состоянии достигнуть исходной величины, какую бы интенсивность светового стимула мы ни брали.

Простое объяснение ответа первого типа такое: здесь световой адаптационный процесс пока еще не меняет число открытых натриевых каналов в мембране наружного сегмента: хотя медиатор образуется, некий механизм ослабляет его действие. Получая ответ второго типа, можно уже предположить частичное блокирование натриевых каналов молекулами медиатора, отчего и уменьшается амплитуда ответа.

Экспериментальные наблюдения подтверждают влияние адаптационного процесса на число и время жизни молекул медиатора. Снижение чувствительности палочки, вероятно, происходит в диске наружного сегмента, где предшествующее освещение вызвало распад молекул родопсина, поглотивших квант света, и накопление обесцвеченных его продуктов.

В настоящее время остается открытым вопрос, каким путем обесцвечивание молекул родопсина сказывается на росте концентрации молекул внутриклеточного медиатора. Одна из таких возможностей — выход медиатора (скорее всего, ионов кальция) изнутри диска в результате какого-то процесса, связанного с продуктами распада родопсина. Другая возможность, подтверждаемая экспериментально, — это участие сложной ферментативной системы в образовании или регуляции в наружном сегменте количества молекул посредника. В таком случае медиатором являются, вероятно, уже не ионы кальция, а циклический гуанозинмонофосфат (цГМФ) — один из циклических нуклеотидов, которые играют в разбираемом механизме фоторецепции важнейшую роль.

Что касается темновой адаптации, представленной на рис. 3, то объяснение этого процесса могло бы состоять в следующем: яркий свет

Рис. 9. Параллельные измерения хода темновой адаптации при регистрации рецепторного потенциала палочек лягушки (верхняя кривая) и распада продуктов фотолиза родопсина — метародопсина II + ретиналя (максимум спектра поглощения при 380 нм) и метародопсина III (максимум поглощения при 475 нм). За время измерения кривая распада метародопсина II + ретиналя идет параллельно кривой темновой адаптации

обесцвечивает и, таким образом, выводит из игры некоторую долю имеющихся в наружном сегменте молекул фотопигмента. Вследствие этого значительно меньшая часть попадающего в глаз света поглощается рецепторной клеткой; так она становится менее светочувствительной (порог повышается). В темноте светочувствительность восстанавливается и порог снижается. Если порог светочувствительности определяется количеством падающего и поглощаемого рецепторами света, то подобное объяснение вполне разумно.

Такого рода адаптационный механизм используется, по-видимому, насекомыми и ракообразными, но он, по всей вероятности, не способен полностью объяснить механизм темновой адаптации у позвоночных. Опыт показывает, что обесцвечивание короткой вспышкой яркого света 6—8% молекул родопсина в палочке сетчатки лягушки вызывает повышение порога более чем в 100 раз. Обесцвеченного родопсина, несомненно, недостаточно для столь сильного изменения поглощения света палочкой. Такой эффект мог бы наблюдаться, если бы в палочке обесцветился почти весь родопсин. Тогда исходная высокая светочувствительность палочек восстанавливалась бы только после полной регенерации родопсина.

Известно, что процесс регенерации при +13°С длится долго — около 3 ч. Каким-то образом чувствительность палочки все же, очевидно, зависит от количества родопсина в наружном сегменте. Как было показано в опытах на многих видах животных, количество родопсина в палочках линейно связано с изменением логарифма порога или, что аналогично, с изменением состояния темновой адаптации.

Этот эффект четче наблюдается на изолированной сетчатке, которая, не имея контакта с пигментным эпителием, теряет способность к регенерации родопсина. Когда палочковая адаптация изучается на таком препарате после обесцвечивания вспышкой света некоторой части родопсина, сетчатка не восстанавливает своей исходной чувствительности; в ней происходит постоянное снижение чувствительности (повышение порога).

Однако перед этим некий адаптационный процесс все же имеет место. Он заключается в значительном увеличении палочковой чувствительности без изменения содержания родопсина. Этот адаптационный процесс, по-видимому, идет параллельно с распадом продукта обесцвечивания родопсина, имеющего максимум спектра поглощения 380 нм. В этом фотопродукте ретиналь, вероятно, все еще связан с опсином.

Такое заключение можно сделать из результата опыта, представленного на рис. 9, когда

Физиологические механизмы зрительной адаптации сложны и совершенны и, хотя исследованы в основном на животных, имеют непосредственное отношение к физиологии зрения человека. Профессор К. О. Доннер внес большой вклад в понимание мембранных и клеточных механизмов адаптации. В данной статье подробно изложены результаты его замечательных опытов, в которых изучена связь фотохимических превращений зрительных пигментов с ходом адаптационных процессов.

В последнее время актуальной становится проблема сохранения зрения в экстремальных ситуациях. Особенно опасен, например, яркий свет для предрасположенной к заболеванию или больной сетчатки глаза. В этой связи возникает вопрос, о пределах безопасности яркого или слишком длительного освещения при офтальмологических обследованиях и глазных операциях. Вероятно, придется пересмотреть и некоторые гигиенические светотехнические нормы для здоровых людей, профессиональная деятельность которых связана с повышенной или длительной освещенностью рабочего места.

Насущная задача исследователей — выяснить молекулярные, мембранные и клеточные механизмы фотоповреждения зрительных клеток сетчатки, в первую очередь палочек, и на этой основе найти эффективные способы защиты от «светового удара».

Комплексное изучение таких механизмов в Институте химической физики АН СССР показало, что в палочках сетчатки местом первичного повреждения является мембрана дисков наружных сегментов и ее основные молекулярные компоненты — зрительный белок родопсин и фосфолипиды. При длительном и ярком освещении, существенно превышающем физиологически допустимые пределы световой адаптации, в мембране диска наблюдается окисление и родопсина, и фосфолипидов. В результате молекулы родопсина слипаются в комочки из-за окисления их сульфгидрильных групп и образования меж-

проводились параллельные исследования распада фотопродуктов родопсина и хода темновой адаптации на основании регистрации рецепторного потенциала, «изолированного» из суммарной активности сетчатки с помощью аспартата натрия. Согласно результату характер отношения между количеством присутствующего промежуточного продукта и порогом такое же, как между порогом и количеством обесцвеченного родопсина. В этом случае всего лишь около 1% родопсина в палочке необходимо перевести в его фотопродукт, чтобы повысить порог в 10 раз.

В итоге эти результаты позволяют говорить о механизме, который автоматически уменьшает чувствительность освещенной палочки. Более того, этот механизм понижает ее чувствительность столь сильно, что палочка вообще перестает вносить сколько-нибудь существенный вклад в зрение в области высоких освещенностей, когда работают уже более светорезистентные (устойчивые к свету) колбочки. Детальный же биохимический механизм адаптации остается все еще непонятным.

Где происходит процесс палочковой адаптации?

Диски палочки, как указывалось выше, хотя и плотно упакованы друг над другом в виде стопки в наружном сегменте, не имеют контакта ни между собой, ни с наружной мембраной; они всегда разделены внутриклеточным (междисковым) пространством.

Родопсин находится в дисках, и в случае действия обесцвеченного родопсина или же его промежуточного, содержащего ретиналь, продукта, десенситизация (падение светочувствительности) происходит в каждом диске отдельно. Она зависит от числа родопсиновых молекул в диске, поглотивших кванты света в ходе предшествующего освещения. Эксперименты, в которых освещение было ограничено только верхней частью наружного сегмента, показали, что адаптационный эффект распространяется далее по всем дискам наружного сегмента. Вероятно, существует механизм, посредством которого частично обесцвеченные диски могут передавать сигналы другим дискам в том же самом наружном сегменте, в результате чего светочувствительность неосвещенных дисков уменьшается. Подобный вывод сделан на основании опытов, в которых исследовалось влияние очень слабого фонового освещения, понижающего чувствительность всей палочки, хотя только немногие диски получили и поглотили по кванту света.

Между собой палочки имеют так называемые межклеточные контакты. Следовательно, изменение мембранного потенциала одной палочки, когда она стимулирована светом, передается ее соседям, что также меняет их чувствительность.

* * *

Механизмы адаптации рецепторов, разобранные нами на примере палочек, показывают, что все фоторецепторы вместе — палочковая и колбочковая система — могут работать в очень широкой области световых интенсивностей, не теряя при этом способности различать небольшие изменения освещенности, постоянно происходящие в окружающей среде. Короче говоря, палочки и колбочки могут «перекрывать» 5—6 логарифмических единиц интенсивности светового стимула, т. е. менять свою светочувствительность в 10^5—10^6 раз. При добавочном механизме регулирования световой интенсивности, обеспечиваемого зрачком, изменения освещенности, наблюдаемые в природе, могут быть легко зарегистрированы глазом.

Мы не ссылались на работы отдельных ученых, которые своими результатами и идеями внесли большой вклад в решение проблемы зрительной адаптации. Поэтому хотелось бы подчеркнуть, что сделанные выводы основаны как на работах, выполненных в нашей лаборатории в Хельсинки, так в значительной мере и на работах, выполненных в других исследовательских центрах мира, что лишний раз свидетельствует об истинно интернациональной природе научного исследования.

молекулярных дисульфидных сшивок. Биохимические и структурные нарушения в мембранах фоторецепторных клеток, естественно, ухудшают зрение. Как это предотвратить?

Более 20 лет назад физико-химик, академик Н. М. Эмануэль (СССР), не занимавшийся специально проблемами зрения, предложил использовать в биологии и медицине так называемые ингибиторы свободно-радикальных реакций, которые подавляют нежелательные, повреждающие клетку процессы. Некоторые из таких ингибиторов, синтезированные в Институте химической физики АН СССР, оказались способными предотвращать окисление фосфолипидов и частично защищать от фотоокисления сульфгидрильные группы родопсина, ослабляя тем самым повреждающий эффект яркого света.

Это позволяет рассматривать ингибиторы свободных радикалов в качестве перспективных средств защиты органа зрения в экстремальных условиях.

Ладислав МАХО (Macho) —
словацкий физиолог, член-корреспондент Словацкой Академии наук и Чехословацкой Академии наук, директор Института экспериментальной эндокринологии Словацкой Академии наук.
Родился в 1930. Окончил медицинский факультет Университета имени Я. А. Коменского (Братислава) и после окончания обучения в 1955 поступил в Институт экспериментальной эндокринологии Словацкой Академии наук, где работает до настоящего времени. В 1967—1971 — руководитель отдела эндокринологии развития, с 1971 — директор этого института. Занимался механизмами нарушения обмена веществ при заболевании щитовидной железы и по этой проблематике в 1962 защитил кандидатскую диссертацию. Начиная с 1965 основное внимание уделяет функциям эндокринных желез в ранние периоды жизни новорожденных и влиянию внешних факторов на эндокринную систему в онтогенезе. Он открыл, что в результате изменения питания и условий развития новорожденных значительно меняются функции надпочечников и щитовидной железы, регуляция обмена веществ гормонами и реакция организма на стрессовые раздражители. Он показал важность содержания биологически активных веществ в материнском молоке. Результаты исследований обобщены в докторской диссертации, защищенной им в 1976. За опубликование работы о значении своевременного послеродового вмешательства в развитие эндокринных желез и реакцию тканей на гормоны ему была присуждена Государственная премия К. Готтвальда 1978 г. В том же году он избран членом-корреспондентом Словацкой Академии наук, а в 1981 — Чехословацкой Академии наук. Опубликовал свыше 250 научных работ, неоднократно выступал с докладами на международных конгрессах и симпозиумах, являясь членом международных обществ по эндокринологии и сравнительной эндокринологии, а также комитета по биоастронавтике.

Владимир ШТРБАК (Strbak) —
словацкий физиолог, сотрудник Института экспериментальной эндокринологии Словацкой Академии наук.
Родился в 1943. В 1966 окончил медицинский факультет Университета имени Я. А. Коменского по специальности педиатрия. После практики в детском отделении больницы начиная с 1968 работает в Институте экспериментальной эндокринологии Словацкой Академии наук.
В 1974 защитил кандидатскую диссертационную работу об изменениях активности щитовидной железы при преждевременном прекращении кормления. В настоящее время исследует функции щитовидной железы в раннем периоде развития, влияние экологических факторов на ее активность. Интересные результаты получены им при изучении транспорта гормонов в молоко, когда была доказана взаимосвязь эндокринной системы кормящей матери и грудных детей.

ЛАДИСЛАВ МАХО
ВЛАДИМИР ШТРБАК

Материнское молоко и его заменители

С рождением ребенка оканчивается период эмбрионального развития человеческого индивидуума, связанного с внешней средой только с помощью плаценты — специального общего органа матери и эмбриона.

Послеродовой период (7 — 28 дней после родов) относится к критическим моментам человеческой жизни с особыми требованиями к полноценности питания. Дальнейший, грудной период (до 6 месяцев после рождения) — время быстрого роста, созревания функций отдельных систем и органов. Скорость такого созревания максимальна в течение первых 4—6 месяцев, и потому организм в этот период нуждается во многих специфических питательных веществах. Неправильное питание и тут может послужить причиной длительных, часто серьезных нарушений развития (например, задержки роста тела и отклонения в становлении физиологических и метаболических функций), последствия которых иногда проявляются даже в зрелом возрасте.

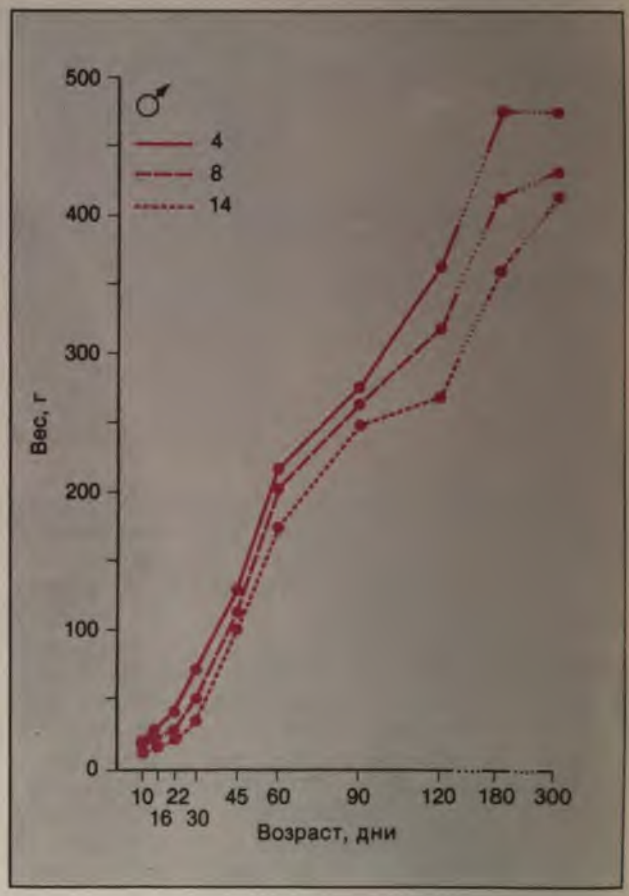
Доказательства этого получены в первую очередь в эксперименте. У подопытных крыс можно путем изменения числа животных в помете уже на следующий день после родов регулировать количество молока, получаемого детенышем от кормящей самки. Если в помете 4 детеныша, то они получают молоко в избытке (рис. 1). В период кормления, продолжающийся у крыс до 28—30 дней, эти детеныши постоянно переедают. И наоборот, если детенышей, например, 14, их питание недостаточно.

Перекормленные детеныши растут быстрее, чем получающие недостаточное питание. После отнятия от матери (через 30 дней) и перехода на самостоятельный прием пищи ранее перекормленные животные отличаются таким аппетитом и такими особенностями обмена веществ, что всю остальную жизнь сохраняют высокую физическую кондицию (рис. 2). Мы наблюдали также у перекормленных и недокормленных животных значительные различия в аккумуляции и мобилизации липидов. Перекормленные животные характеризуются в период кормления и, став позже взрослыми, более высоким процентом жиров в организме, повышенной концентрацией их в сыворотке крови и замедленным метаболическим обменом холестерина. Известно, что из жировых запасов тела в результате гидролизного расщепления высвобождаются жирные кислоты на покрытие энергетических потребностей остальных тканей организма. Поступление в эти ткани жирных кислот регулируется в первую очередь двумя гормонами — гормоном мозгового слоя надпочечников (адренокортикотропный — АКТГ, он же гормон роста) и гормоном тела надпочечников (адреналин).

При стрессовых раздражителях у подопытных животных выделяется АКТГ и растет концентрация адреналина в плазме, что приводит к значительному поступлению жирных кислот из жировой ткани и повышению содержания их в крови, откуда затем они попадают в ткани печени, сердечной мышцы и других органов, в результате чего удовлетворяются повышенные требования организма в источниках энергии и растет его сопротивляемость в условиях стрессовых перегрузок.

Экспериментальные наблюдения показали, что при воздействии мобилизующими гормонами выделение в свободном виде жирных кислот из жировой ткани у перекармливаемых животных значительно ниже, чем у недокормленных (рис. 3). Можно предполагать, что и в естественных условиях повышение жировых запасов у перекармливаемых животных связано с меньшим выходом жирных кислот из жировой ткани под влиянием гормонов в различных состояниях перегрузки (при стрессах, тяжелой работе и т. д.). Следовательно, перекармливание имеет и отрицательные стороны.

Не только ход метаболических процессов, но и например, активизация функций эндокринных желез, прежде всего надпочечников и щитовидной железы, обусловлены особенностями питания животных в период кормления. У недокормлен-



ных животных после их отнятия от матери нами было обнаружено значительное повышение активности надпочечников и щитовидной железы. У перекормленных реакция надпочечников на стрессовый раздражитель, ранее пониженная, тоже повышалась.

Из этих экспериментов вытекает важность количественного и качественного состава питания в период кормления для роста тела, а также развития эндокринных и метаболических функций — естественно, не только у животных, но и у человека.

Все знают, что натуральное материнское молоко лучше всего обеспечивает нормальный рост и развитие новорожденного. Кроме того, в

Рис. 1. Число детенышей в помете у крыс и их питание. Детеныши из маленького помета, где их 4, в период кормления матерью перекормлены, из большого помета (14 крысят) недокормлены

Рис. 2. Вес подопытных крыс в возрасте от 10 до 300 дней: перекормленных (4 детеныша), стандартного кормления (8) и недокормленных (14), отнятых от матери через 30 дней после рождения

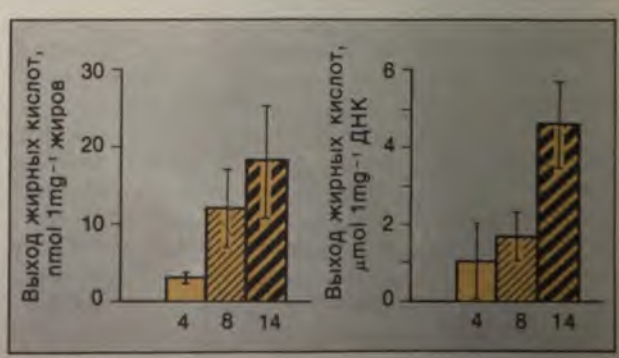


Рис. 3. Образование жирных кислот в клетках жировой ткани у животных в возрасте 420 дней: перекормленных (4) и недокормленных (14) в период кормления. Левый график — выход кислот в расчете на 1 мг жиров, правый график — на 1 мг ДНК

процессе кормления облегчается возникновение тесных эмоциональных контактов между матерью и ребенком. Однако в промышленно развитых странах, а за ними и в развивающихся все более снижается число вскормленных матерью новорожденных детей.

Если, например, в Швеции в 1953 г. женским молоком было вскормлено 80% детей в возрасте до 2 месяцев, свыше 45% — в возрасте 6 месяцев, то в 1972 г. в возрасте до 2 — уже только 38%, а в 6 — всего 1—2%. Весьма неблагоприятными также следует считать данные Фомона (Fomon, США), показывающие, что в США в конце первой недели матери кормят только 25% детей, а на шестом месяце — только 5%. Таким образом, по разным причинам, зачастую не связанным со здоровьем матери, для большинства детей, когда они еще очень ранимы — в столь важном для дальнейшего развития организма периоде, — питание заменяется на искусственное. Детей кормят различным по составу коровьим молоком, отличающимся по многим весьма ценным компонентам от женского (табл. 1), и даже безмолочными эмульсиями растительных масел, соевой муки и другими добавками.

Таблица 1

Сравнение состава женского и коровьего молока

Компоненты молока		Женского	Коровьего
Белки, г/л:			
	общее количество	8,9	31,4
	казеин	2,5	27,3
	лактоферин	1,7	Следы
	α-лактальбумин	2,6	1,1
	β-лактаглобулин	—	3,6
	лизоцим	0,5	Следы
	иммуноглобулин А	1,0	0,03
Аминокислоты, г/л		12,8	33,0
Сахара, г/л		70,0	48,0
Жиры, г/л		38,0	37,0
Жирные кислоты, г/л		3,46	0,96
Витамины:	А, мг/л	0,6	0,4
	С, мг/л	43,0	16,0
	D, μг/л	0,1	0,6
	Е, мг/л	6,0	1,0
	К, μг/л	20,0	80,0
	холин, мг/л	90,0	130,0
	биотин, μг/л	4,0	35,0
	кобаламин, μг/л	Следы	5,6
	рибофлавин, μг/л	420,0	1570,0
	тиамин, μг/л	160,0	420,0
Минеральные вещества:			
	кальций, мг/л	330,0	1250,0
	хлориды, мг/л	430,0	1030,0
	медь, мг/л	0,4	0,3
	кремний, μг/л	—	160,0
	йод, μг/л	70,0	210,0
	железо, мг/л	1,5	1,0
	магний, мг/л	40,0	120,0
	фосфор, мг/л	150,0	960,0
	калий, мг/л	560,0	1380,0
	натрий, мг/л	150,0	580,0
	сера, мг/л	140,0	300,0
	цинк, мг/л	5,3	3,9

Белки в молоке

Женское молоко содержит меньше белков (8,9 г/л), чем коровье (31,4 г/л), и отличается по их составу. Количественное и качественное различие белков в женском молоке по сравнению с коровьим в целом известно. Значительно меньше данных по отдельным фракциям белков и аминокислотам.

В женском молоке присутствует лактоферин — белок, связывающий железо; в коровьем молоке его содержание незначительно. Лактоферин в женском молоке находится в ненасыщенной форме, благодаря чему он и связывает в кишечной флоре железо, жизненно необходимое для развития и размножения некоторых болезнетворных бактерий. Лактоферин способствует тем самым сопротивляемости детей против воспалений желудочно-кишечного тракта.

Вторая важная белковая часть женского молока — иммуноглобулины, особенно так называемый секреторный иммуноглобулин А (отличающийся от иммуноглобулина А в сыворотке). Секреторный иммуноглобулин А в молоке высоко стабилен при кислой реакции в желудке. Не расщепленный энзимами, он попадает в кишечник, где участвует в иммунологической защите ребенка, связывая вирусы и бактерии, препятствуя попаданию их в слизистую кишечной стенки и тем самым развитию воспалительных процессов. Секреторный иммуноглобулин А в очень небольшом количестве присутствует и в коровьем молоке. Кроме него, в человеческом молоке в небольших количествах содержатся иммуноглобулины М и G (аналогичные таким же белкам в сыворотке с их противоинфекционным эффектом).

Лизоцим — это третий специфический белковый компонент женского молока, наблюдающийся в небольшом количестве и в коровьем. Лизоцим обладает бактерицидным эффектом и стимулирует антибактериальную активность веществ, поддерживающих иммунитет.

Важен также белок казеин, содержащий кальций и фосфор — необходимые для организма минералы. Казеина немало в коровьем молоке (27,3 г/л) и значительно меньше в женском (2,5 г/л). Он образует различные соединения в кислой желудочной среде, расщепляясь энзимами желудочного сока.

Что касается аминокислот, в белках женского молока соотношение, например, между метионином и цистеином достигает единицы, тогда как в

коровьем из-за высокого содержания метионина это соотношение почти в 7 раз выше. В протеинах женского молока относительно невелико содержание ароматических аминокислот — фенилаланина и тирозина (по сравнению с белками, содержащимися в других органах).

Женское и коровье молоко различаются по содержанию и некоторых других аминокислот, в значительной степени обусловливающих биологическую ценность молока. Поступление аминокислот в достаточном и пропорциональном количестве особенно важно для питания молодого растущего организма, так как они служат синтезу собственных белков в тканях, плазматических защитных веществ и энзимов. Женское молоко благодаря достаточному содержанию отдельных аминокислот как в белках, так и в свободном виде способствует естественному развитию сил организма новорожденного.

Жиры в молоке

Жиры, содержащиеся в женском молоке, — главный источник энергии для ребенка. Некоторые фракции жиров, например фосфолипиды, важны для миелинизации (одевания в оболочку) нервных волокон, они — составная часть клеточных стенок и различных внутриклеточных структур.

Неодинаков качественный и количественный состав жирных кислот в жирах женского и коровьего молока (и соответственно изготовленных на его основе искусственных продуктов детского питания). В человеческом молоке значительно выше содержание важных для ребенка ненасыщенных жирных кислот, таких, как масляная, линолевая, линоленовая, которые организм неспособен синтезировать в достаточном количестве. И наоборот, в коровьем молоке и в искусственных продуктах свыше 61% приходится на такие жирные кислоты, о которых известно, что они плохо расщепляются в кишечнике грудных детей (табл. 2). Высокое содержание насыщенных, лишенных двойных связей, жирных кислот и, в особенности, пальмитиновой и стеариновой, значительно снижает всасывание кальция, а кальций важен для формирования костей ребенка. Поэтому при искусственном питании детей к коровьему молоку добавляют ненасыщенные жирные кислоты, в особенности со значительным числом двойных связей в молекуле, в результате чего искусственный продукт приближается по составу жирных кислот к человеческому молоку.

Кстати, можно отметить, что искусственное питание при всех его недостатках имеет еще одну проблематичную — иногда, может быть, положительную сторону. Согласно данным Феминара (Feminar, ЧССР), содержание жира в материнском молоке в течение дня меняется (оно выше в

Таблица 2

Процентное содержание насыщенных и ненасыщенных (с двойными связями) жирных кислот в женском и коровьем молоке

Жирные кислоты	Женское молоко	Коровье молоко
Насыщенные:		
капроновая	1,0	2,4
лауриновая	4,8	3,2
миристиновая	6,2	11,5
пальмитиновая	23,7	30,0
Ненасыщенные:		
пальмитоолеиновая	4,6	2,0
олеиновая	37,4	31,3
линолевая	9,0	1,8
линоленовая	3,4	Следы

утренние часы). Кроме того, в начале кормления из грудной железы выделяется молоко с меньшим содержанием жира, чем к концу кормления; повышение жирности становится фактором ощущения насыщения у грудного ребенка, своеобразным сигналом. Состав жира в женском молоке изменяется еще и в зависимости от диеты, которую соблюдает мать. При искусственном же кормлении ребенка сохраняется неизменный состав пищи в течение всего процесса питания, что приводит к правильному формированию у ребенка саморегуляции в приеме пищи. Однако не преждевременна ли такая саморегуляция?

Сахара, минеральные вещества и витамины

Важная составная часть женского молока — молочный сахар лактоза. При гидролизном расщеплении в кишечнике он распадается на глюкозу и галактозу, которая необходима для синтеза цереброзидов, являющихся составной частью миелиновой оболочки нервов, а также служит образованию гликопротеинов в соединительной ткани. Содержание лактозы в коровьем молоке ниже, чем в женском, и поэтому к компонентам искусственного питания придается лактоза наряду с другими сахарами (сахарозой, глюкозой, фруктозой).

Большинство минеральных веществ в женском молоке содержится в более низкой концентрации, чем в коровьем (приблизительно составляя $^1/_3$, табл. 1). Высокое содержание солей в коровьем молоке и, следовательно, в продуктах искусственного питания может обусловить развитие гипертонии в детском возрасте, как это было доказано на подопытных животных. И наоборот, ограниченное поступление минеральных веществ с материнским молоком с физиологической точки зрения ограждает молодой организм с еще недо-

статочно развитой барьерной функцией надпочечников от дополнительных нагрузок.

В женском молоке значительно меньше фосфора (всего лишь $^1/_6$ его содержания в коровьем молоке), что способствует более благоприятному соотношению кальция и фосфора и облегчает отложение кальция в костях. У детей на искусственном питании чаще наступает так называемая тетания (судорожное состояние), обусловленная неблагоприятным соотношением кальция и фосфора.

Доношенный новорожденный получает достаточное количество витаминов в организме матери — за исключением витамина К. Этот витамин грудной ребенок «берет» из собственной кишечной бактериальной флоры. При кормлении человеческим молоком ребенок продолжает получать от здоровой матери необходимое количество растворенных в воде и жире витаминов, хотя содержание некоторых из них ниже, чем в коровьем молоке, например, витамина D. Его иногда добавляют в детское питание.

Преждевременное отнятие от груди и его последствия. Гормоны щитовидной железы в молоке

Длительные наблюдения над млекопитающими показали, что перевод с материнского молока на питание взрослых — это постепенный длительный процесс. Новорожденные все больше переходят на пищу взрослых, причем потребление молока вначале относительно, а затем и абсолютно снижается. Это снижение приводит к постепенному торможению выработки молока организмом матери. Интересно, например, что у крыс границы этого периода очень точно определены. Когда детеныши имеют свободный доступ к пище взрослых, прекращение кормления самкой начинается на 14-й и заканчивается на 28-й день после рождения. Если в начале этого периода удаляют самку из клетки, то детеныши сами вынужденно переходят на диету взрослых животных.

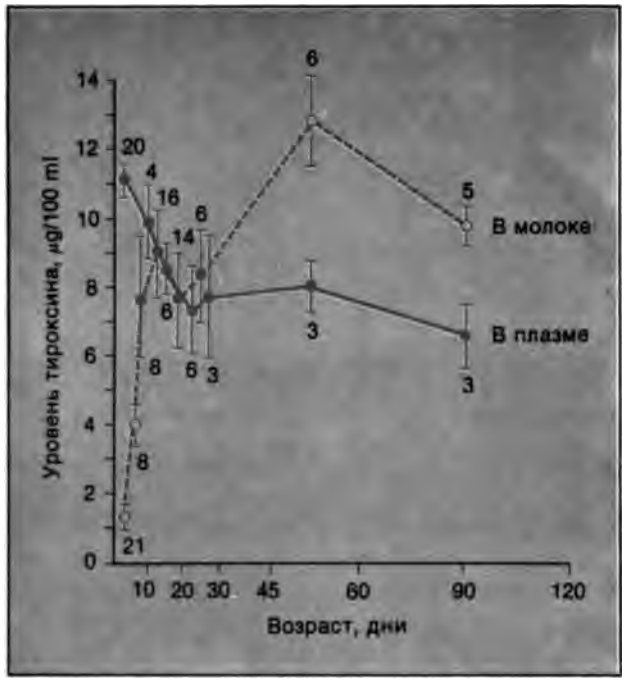
Преждевременное отнятие имеет свои далеко идущие последствия. О некоторых мы уже говорили. Можно добавить, что в зрелом возрасте у таких животных наблюдается пониженная плодовитость, нарушаются функции семенников, эстральный цикл, работа надпочечников. Были отмечены и изменения функции центральной нервной системы. После преждевременного, на 18-й день после рождения, отнятия у детенышей крысы наблюдалось постепенное снижение концентрации гормона щитовидной железы — тироксина в плазме, затем следовала активизация щитовидной железы продолжительностью около двух недель. Мы установили также, что это изменение не приостанавливается ни высоким содержанием йода в диете, ни повышением температуры окружающей среды, имитирующим тепло материнского тела. Все это нас убедило в том, что детеныши в период кормления получают гормоны щитовидной железы вместе с материнским молоком. Поступление этих гормонов с молоком подавляет активность собственной щитовидной железы детенышей. При отнятии детенышей в результате устранения внешнего источника гормона и действия регуляции, поддерживающей необходимый уровень гормонов в крови, повышается их секреция собственной щитовидной железой.

Для доказательства этой гипотезы мы исследовали уровень тироксина в молоке крысы. Мы обнаружили там концентрацию гормона, аналогичную той, которая наблюдается в плазме. Через несколько дней после удаления у этих самок щитовидной железы, в их плазме и молоке тироксин исчез.

Одновременно мы установили понижение уровня гормона и в плазме продолжающих сосать детенышей. Все это также свидетельствует о том, что какая-то часть гормонов щитовидной железы, содержащихся в плазме детенышей, поступила от матери. Падение уровня тироксина у детенышей прооперированной матери — явление временное: через 6 дней после операции оно компенсируется ростом активности щитовидной железы самих детенышей.

Подтверждается, таким образом, что преждевременное отнятие от молочной железы у млекопитающих — весьма серьезное вмешательство. Кроме внезапного изменения типа поступающих продуктов и стресса из-за отсутствия матери, прекращается поступление некоторых гормонов с молоком. Хватит ли у детеныша сил полностью компенсировать их нехватку? Весь вопрос здесь в том, насколько щитовидная железа молодого организма способна справиться с такой задачей. Вполне возможно, что гормоны в молоке предохраняют некоторое время детенышей от повышенной нагрузки на его гипоталомо-гипофизарно-тиреоидную систему, пока последняя полностью не созреет.

Следующим нашим шагом было изучение содержания тироксина в молоке и плазме кормящих женщин. Результаты этого исследования показаны на рис. 4. Если содержание тироксина в плазме женщин после родов постепенно понижается, то в молоке оно в самом начале очень низкое, но к третьей послеродовой неделе достигает уже уровня гормона в плазме. В этот период статистически определяется прямая зависимость между содержанием гормона в плазме и молоке. Это свидетельствует, в свою очередь, об общем источнике гормона, который вырабатывается щитовидной железой, затем поступает в кровь, а далее попадает в молоко. Что касается коровьего молока, то его анализ показывает очень низкое



содержание тироксина или даже его отсутствие. Равным образом продукты искусственного молочного питания детей в ЧССР — Сунар, Эвико, Феминар, Лактон, Релактон (основа которых — коровье молоко) — также характеризуются очень низким содержанием этого гормона.

Очень трудно точно воссоздать состав материнского молока в искусственных молочных продуктах. К тому же надо признать, что мы еще мало задумываемся о наличии необходимого количества биологически активных веществ в заменителях молока.

Мы уже отмечали и другое очень важное обстоятельство: содержание биологически активных веществ в период кормления изменяется, что, очевидно, отражает потребности молодого организма. Динамику содержания гормонов в молоке практически невозможно точно воссоздать в продуктах искусственного питания. Есть и еще целый ряд важных обстоятельств против массового, порой легкомысленного перехода на искусственное питание грудных детей, когда оно не вызывается, например, болезнью матери.

На следующем этапе исследований мы сопоставили параметры функции щитовидной железы у детей, кормящихся грудью и преждевременно отнятых (рис. 5). У кормящихся была установлена тенденция не только к более высокому уровню тироксина, но и к значительно повышенному содержанию тиреотропного гормона гипофиза. Все это идет, очевидно, от матери. Во всяком случае нами была установлена положительная статистическая корреляция между уровнем тиреотропного гормона в плазме грудных детей и кормящих их матерей. Возможно, что на наши результаты мог повлиять «транспорт» и иных регуляторов — не обязательно этих гормонов. Например, учитывая возможность перехода в молоко гипоталамического регулятора — тиролиберина, мы установили после инъекции его кормящей самке крысы, что он вызывает выделение тиреотропного гормона из гипофиза сосущих детенышей. После введения меченного радиоизотопом тиролиберина кормящей самке он транспортируется в молоко, и некоторая его часть в желудке сосущих детенышей какое-то время сохраняется в неизменной форме. В крови взрослых животных и людей обычно тиролиберин очень быстро расщепляется, но в крови новорожденных и у детенышей крысы определенное его количество сохраняется нераспавшимся. Это тоже свидетельствует в пользу нашего предположения. Исчерпываются ли этим функции

Рис. 4. Изменения уровня тироксина в плазме и в молоке женщин в период кормления

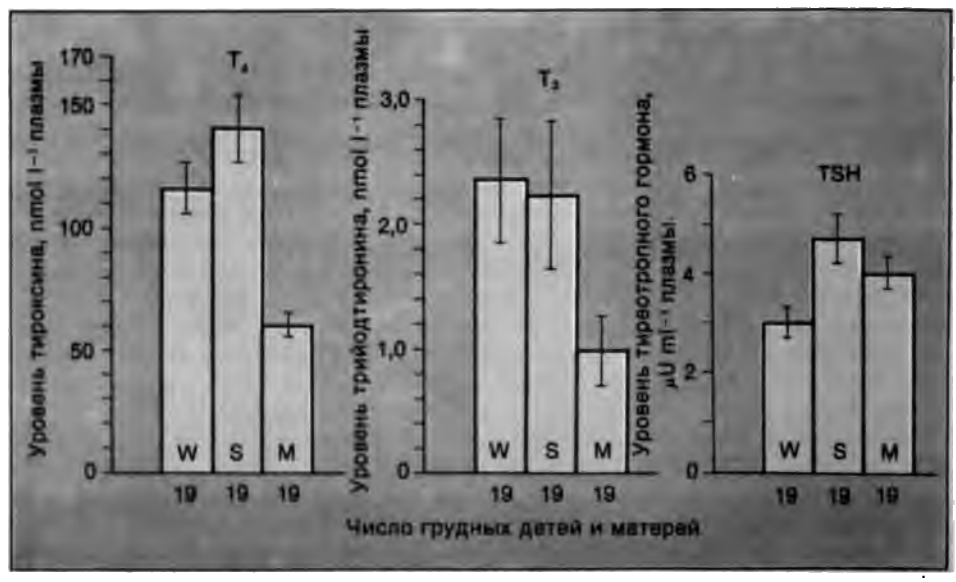


Рис. 5. Влияние преждевременного отнятия грудных детей от матери на активность их щитовидной железы. Уровень тироксина — T_4, трийодтиронина — T_3 и тиреотропного гормона — TSH в плазме преждевременно отнятых (W), продолжающих получать питание (S) детей, а также в плазме кормящих их матерей (M)

тиролиберина? Скорее всего он представляет собой нейрогормон, который, помимо эндокринной функции (влияние на выделение тиреотропного гормона — пролактина), оказывает воздействие также на передачу нервного возбуждения.

Коллектив американских ученых из Техаса (г. Даллас) показал присутствие и самого тиреотропного гормона в молоке людей и крыс. У взрослого организма он не может поступать через желудочно-кишечный тракт, поскольку разрушается здесь, а у новорожденных организмов он проходит в неизмененном виде через стенку кишечника в кровь. Эти результаты вместе с нашими хорошо объясняют повышенный уровень тиреотропного гормона у грудных детей.

Стероидные и белковые гормоны в молоке

Можно считать доказанным, что стероиды половых желез (эстрогены и прогестерон), гормоны коры надпочечников (кортикостероиды — кортизол и кортизон), некоторые белковые гормоны (пролактин, инсулин, гормон роста) важны для развития молочной железы, наступления и поддержания лактации.

До настоящего времени точно не известно, насколько стероидные гормоны в молоке влияют на рост и развитие детей.

В группе гормонов коры надпочечников кортизол — соединение, особенно активно поступающее из крови в молочную железу, а затем в молоко; при этом его содержание в молоке — примерно $^1/_{10}$ концентрации в плазме матери. В процессе лактации содержание кортизола падает, и предметом исследования является, насколько это низкое содержание кортизола может обусловить некоторые процессы дифференциации и вызревания тканей грудных детей (например, составных частей легочной ткани). Следует добавить, что переход кортикостероидов в молоко увеличивается при терапевтическом введении глюкокортикоидов в организм женщины, например, при ревматизме. Содержание кортикостероидов в молоке коррелируется с их уровнем в плазме.

Из других стероидных гормонов не менее важен прогестерон (табл. 3), вырабатываемый яичниками; концентрация его в молоке может быть даже выше, чем в плазме, поскольку он лучше растворяется в молочных жирах. При делении молока на фракции до 80% прогестерона оказывается в жировой фазе. Прогестерон содержится и в коровьем молоке, а при его переработке попадает в масло и сметану. Однако, учитывая, что прогестерон относительно плохо усваивается в пищеварительном тракте, вряд ли можно предположить, что присутствие этого гормона в молоке в значительной степени обусловливает рост и развитие тех или иных функций у грудных детей.

Таблица 3

Содержание некоторых гормонов в женском и коровьем молоке

Гормон	Женское молоко	Коровье молоко
Прогестерон, нг/мл	11,0	11,3
Прегнандиол*, нг/мл	350,0	Следы
Эстрон**, пг/мл	30,0	57,0
Эстрадиол**, пг/мл	160,0	85,0
Кортизол, нг/мл	5,6	3,1
Тироксин, нг/мл	46,0	Следы
Пролактин, μг/мл	—	50,0

* Появляется на 1-й день после рождения.
** Свободные гормоны.

В молоке содержатся, как уже говорилось, и другие стероидные гормоны, вырабатываемые в яичниках — эстрогены; причем установлено, что в молоке их содержится достаточное количество для достижения у подопытных животных биологического эффекта (например, стимулирование развития органов). Содержание всех эстрогенов в женском молоке, определяемое колориметрическим методом, сравнительно высокое в первые дни после рождения (на 5—10-й день 843 нг/мл), сильно падает к 25-му дню (351 нг/мл). Весьма непостоянно содержание эстрогенов и в коровьем молоке (0,078—4,2 нг/мл), но в целом оно значительно ниже, чем в женском. В связи с этим дети при естественном питании получают, в особенности в первые дни жизни, больше эстрогенов по сравнению с детьми на искусственном питании.

В материнском молоке особенно значительно содержание прегнандиола — метаболита прогестерона, который выделяется яичниками и корой надпочечников.

Прегнандиол в коровьем молоке не содержится, но в женском достигает уровня 350 нг/мл на следующий день после рождения, быстро падая до нормальной величины уже на 3—4-й день. Его уровень в молоке все же остается высоким, а это создает, по мнению некоторых авторов, иногда опасность развития у младенцев тяжелой и продолжительной послеродовой желтухи, связанной с недостаточным распадом и выведением желчного пигмента — билирубина и его производных. Прегнандиол тормозит образование соединения билирубина с глюкуроновой кислотой — билирубинглюкуронида, выделяющегося с мочой. В результате в отдельных случаях билирубин в повышенной концентрации циркулирует в крови и откладывается в мозговой ткани, вызывая нейротоксические нарушения вплоть до некротических повреждений мозга.

Избыточное накопление билирубина в

новорожденных при естественном питании наблюдается в пропорции: одно заболевание на 200—500 здоровых детей. Эта послеродовая желтуха быстро проходит, как только дети переводятся на искусственное питание.

Из белковых и пептидных гормонов (кроме тиреотропного и тиролиберина) в значительном количестве обнаруживают в молоке пролактин и эритропоэтин. Концентрация пролактина в молоке аналогична его концентрации в плазме. Пролактин выполняет роль регулятора при начале и задержке лактации. Для новорожденных, согласно экспериментальным данным, он важен потому, что в кишечной среде ребенка способствует усвоению воды и соли, следовательно, необходим для уменьшения неблагоприятных последствий обезвоживания при детских поносах.

Эритропоэтин — стимулятор кроветворения — обнаружен в особенно значительном количестве в овечьем молоке. Отмечено, что он всасывается в кишечнике новорожденных младенцев в достаточном количестве для того, чтобы стимулировать образование кровяных телец. О других гормонах протеинового характера в молоке сведений еще меньше: процесс биохимического определения белковых гормонов сложен, а содержание их в молоке, по-видимому, невелико.

Медикаментозные препараты в женском молоке

До последнего времени только в редких случаях встречались упоминания о выделении лекарств с материнским молоком.

Однако фармацевтические исследования подопытных животных свидетельствуют о такой возможности для целого ряда медикаментозных препаратов. Брин (Brien) в 1974 г. составил обзор большой группы лекарств, показав, что из 156 исследованных препаратов только 18 не было обнаружено в молоке. Поэтому в последнее время отдельные лекарства выпускаются с предупреждением для кормящих матерей о необходимости строго соблюдать точную дозировку.

Обнаруживая лекарства в молоке, следует учитывать, что у новорожденных детей в течение короткого времени, в период интенсивного роста и развития, изменяются механизмы устойчивости к препаратам и детоксикации этих веществ. У новорожденного в возрасте 1—2 недель не полностью функционирует основная детоксикационная система — связывание лекарств глюкуроновой кислотой, способствующее их обезвреживанию. Кроме того, недостаточно активны также и другие энзиматические системы разрушения лекарств, в частности, процессы окисления и ацетилирования, например, сульфиоксазола*, который дают женщинам при инфекционных заболеваниях мочеполовых путей и после родов. При попадании лекарств в организм ребенка необходимо помнить о недостаточно развитой выделительной деятельности почек у новорожденных, что может приводить к токсической аккумуляции даже незначительных доз лечебных препаратов.

Содержание лекарств в молоке при их регулярном, неизменном приеме меняется в течение дня в зависимости от содержания в нем жира, в котором они растворяются, а некоторые лекар-

* В СССР в акушерской и гинекологической практике препарат сульфиоксазол и упоминаемый далее хлорамфеникол не применяют, такой антибиотик, как эритромицин, предписывают кормящим матерям редко, а транквилизатор диазепам дают под строгим контролем состояния матери и ребенка. — *Ред.*

Публикуемая статья чехословацких ученых знакомит с новыми интересными данными о биологической роли материнского молока в процессе развития ребенка. Детальные исследования еще раз убедительно свидетельствуют о том, что женское молоко — уникальный продукт с рядом невоспроизводимых качеств, сочетание которых гарантирует оптимальные условия для гармоничного развития младенца.

Именно поэтому, как справедливо подчеркивают авторы, не следует преждевременно отнимать ребенка от груди без особой необходимости. В Советском Союзе уделяется большое внимание пропаганде естественного вскармливания. Число детей в возрасте до 4-х месяцев, питающихся материнским молоком, в нашей стране значительно выше, чем в большинстве развитых стран. Всесоюзный центр охраны здоровья матери и ребенка, многие научно-исследовательские институты разрабатывают меры, позволяющие стимулировать лактацию и увеличивать ее продолжительность.

Однако иногда, в случае недостатка или отсутствия молока, все же нельзя обойтись без искусственного питания. В своей работе авторы в основном сравнивают женское и коровье молоко — отсюда, по-видимому, слишком категоричная отрицательная оценка искусственного вскармливания. Между тем, для него все шире применяют не коровье молоко в чистом виде, а адаптированные молочные смеси.

В СССР, например, хорошо зарекомендовали себя смеси «Малютка», «Малыш», «Лактобактерин», «Биолакт». Созданы новые продукты; например украинскими и московскими учеными — смесь «Ладушка», в Казахстане — «Балбобек». Исследования в этом направлении продолжаются. Разработана специальная программа по апробации новых продуктов, дающая возможность тщательно оценивать их эффективность и выявлять недостатки.

Тем не менее, работы по созданию универсального заменителя, полностью равноценного женскому молоку, достигли во всем мире определенного предела. Поэтому серьезные медико-биологические исследования, подобные описанным выше, не только интересны сами по себе, но и стимулируют дальнейшее совершенствование искусственных смесей.

ства (например, фенобарбитал) обладают особо повышенной растворимостью в жирах.

Для большинства лекарств уровень их содержания в крови младенца ниже, чем в крови матери. Но лекарства некоторых групп, попадая в кровь, концентрируются там в таком количестве, что оказывают биологическое и токсическое воздействие на ребенка.

Хлорамфеникол, относящийся к группе антибиотиков, обнаруживают в материнском молоке в концентрации в 2 раза меньшей, чем в плазме. Тем не менее кормящим матерям приходится быть осторожными с таким лекарством, учитывая упомянутые недостатки системы детоксикации, незрелость функций печени и почек у младенца. Другие антибиотики еще опаснее, например эритромицин, способный достигать в молоке даже бóльшей концентрации, чем в плазме. До настоящего времени нет единого мнения о последствиях поступления в женское молоко пенициллина. Многие специалисты считают, что оно приводит к повышенной чувствительности ребенка к лекарству, и это необходимо учитывать в дальнейшей его жизни. В молоко в значительном количестве поступает стрептомицин, что также нежелательно.

Отрицательный эффект может наблюдаться и в результате частого применения ацетилсалициловой кислоты (аспирина). Даже при незначительном ее количестве в молоке у ребенка могут возникать кровотечения вследствие взаимодействия кислоты с кровяными тельцами и протромбином. Риск меньше, если аспирин принимается сразу же после кормления, чтобы к следующему сеансу уровень ацетилсалициловой кислоты в молоке успел снизиться.

Из лекарств, влияющих на нервную систему, особенно вредны барбитураты, а также успокаивающее средство диазепам, которое переходит в молоко и вызывает у ребенка сонливость, потерю веса и желтуху. При длительном применении может оказывать нежелательное воздействие и мепробамат, достигающий в молоке концентрации, в 2—4 раза более высокой, чем в плазме. Очень активен атропин, который тормозит лактацию у матери и, поступая в молоко в небольших количествах, может все-таки оказывать токсическое воздействие на ребенка.

О переходе гормональных препаратов в женское молоко и организм ребенка говорилось в разделе о гормонах. Из лекарств, влияющих на эндокринную систему, следует особо отметить тиоурацил, уровень которого в молоке даже выше, чем в крови; в организме детей при кормлении он может вызывать увеличение щитовидной железы, а также нарушение образования кровяных клеток (агранулоцитоз).

Все это говорит о том, что мать, вынужденная принимать различные медикаментозные средства, должна прервать кормление и временно перевести ребенка на искусственное питание.

Заключение

Мы привели достаточно данных, показывающих, что между составными частями материнского молока и компонентами искусственного питания наблюдаются значительные различия. Количественный и качественный анализ говорит, конечно, в пользу естественного продукта, особенно когда мы имеем дело с недоношенными, ослабленными детьми.

Чужеродные белки коровьего молока, в силу повышенной осмотической способности грудных детей, могут в нерасщепленном виде попадать в систему кровообращения ребенка и тем самым вызывать склонность к аллергическим реакциям или же саму аллергию. Ослабленный организм ослабляется еще больше. И тогда роль материнского молока в поддержании здоровья новорожденного еще больше возрастает, поскольку доказано, что для человеческого молока (в особенности в первые дни лактации) характерно высокое содержание антител, предохраняющих младенца от развития различных инфекционных заболеваний. Помимо этого, грудные младенцы, питающиеся материнским молоком, располагают определенной бактериальной флорой желудочно-кишечного тракта, играющей барьерную роль при размножении болезнетворных бактерий. Такая защитная флора пропадает при переходе на искусственное питание.

При искусственном питании многое идет ребенку не впрок. Уже одно то, что в «заменителях» отсутствуют естественные факторы, которые регулируют прием пищи, является их минусом. Детей часто перекармливают, приготавливая более концентрированное, чем нужно, молоко, вызывающее повышенную нагрузку на пищеварительный тракт, сосудистую систему и на несформировавшиеся почки.

Очень сложно ответить, как должно меняться искусственное питание в различные периоды жизни новорожденного. Быстрое увеличение веса младенца при «заменителях» порой оценивается как доказательство здорового развития, но наши эксперименты, как уже говорилось, показывают, что перекармливание ведет к ожирению и дальнейшим неблагоприятным изменениям в обмене веществ и его регулировании.

Вывод один: отнятие младенца от груди — весьма серьезное вмешательство в его развитие. Без особой необходимости полная замена естественного питания ребенка коровьим молоком и какими-либо другими продуктами рекомендована быть не может.

Рис. 1. Схема аппарата «искусственная почка»

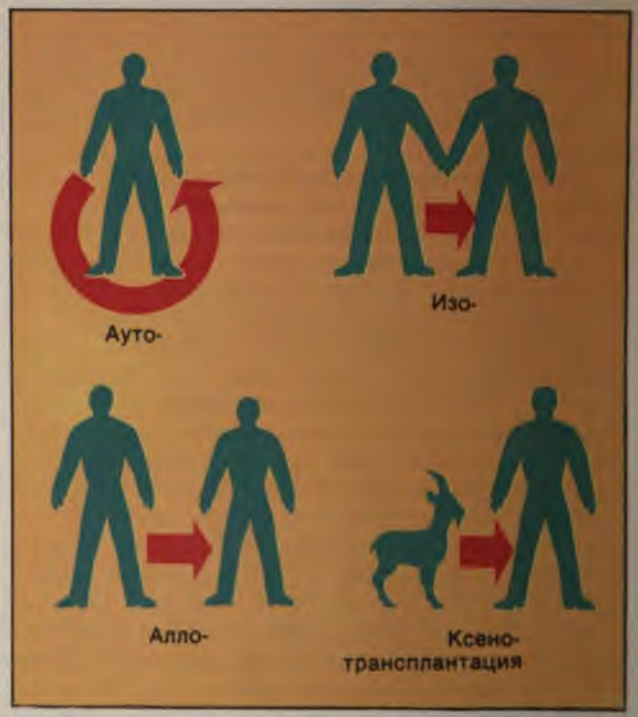


Рис. 2. Виды трансплантации органов и тканей

За некоторым исключением и сейчас имеет силу принцип: без диализа нет трансплантации. В первую очередь это связано с пересадкой аллогенной трупной почки. При живом доноре ситуация несколько другая, так как здесь можно планировать время пересадки, и держать больного на «искусственной почке» в ожидании подходящего трансплантата нет необходимости.

Для успешной пересадки почки главная проблема — решение комплекса вопросов иммунологии.

Почему же это так существенно? Иммунная система человеческого организма образована лимфоцитами различных видов, относящимися к одному из типов кровяных клеток. Примерно $2 \cdot 10^{12}$ клеток человеческого организма — лимфоциты. Функция иммунной системы состоит в том, что она должна распознать попавшие в организм из внешней среды возбудители инфекций и инородные тела, среагировать на них в ходе защитной реакции, обезвредить и удалить. Без этой реакции человек становился бы жертвой любой инфекции.

Столь необходимая для организма защитная система, образовавшаяся в ходе эволюционного развития, представляет собой серьезное препятствие для трансплантации органов. Чужеродный орган распознается организмом реципиента и вызывает в нем специфическую иммунологическую реакцию, которая ведет к отторжению трансплантата. Организм охраняет свою индивидуальную целостность.

Можно было бы показать, что почка донора — чужеродный антиген — активизирует в лимфатических органах реципиента, таких, как селезенка и лимфатические узлы, находящиеся там так называемые Т- и В-клетки, обязанные своим происхождением костному мозгу. В реакции отторжения главную роль играют Т-клетки, которые трансформируются в Т-киллеры (клетки-убийцы). Они направляются к месту локализации антигена (в нашем случае к почке) и вызывают там клеточную реакцию. В-клетки продуцируют антитела, которые могут реагиро-

Рис. 3. Схематическое изображение защитного механизма реципиента против почки донора

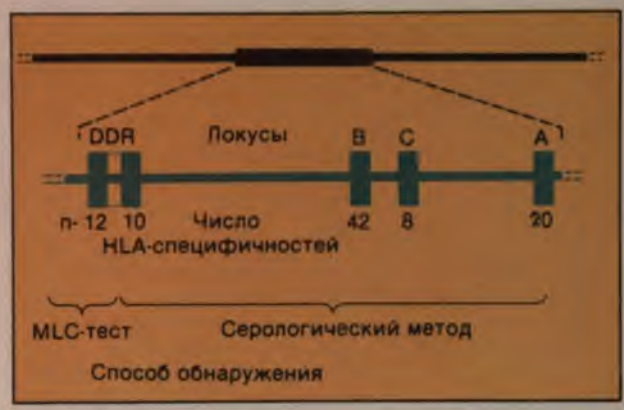


Рис. 4. HLA-система 6-й хромосомы. Она детерминирует антигены различных клеток, против которых реагирует защитный механизм реципиента, когда в организме нет антигенов, идентичных антигенам донорской почки. Совместимость по HLA-антигенам оказывает влияние на прогноз трансплантации

вать с антигеном вне клетки, причем реакция имеет для отторжения второстепенное значение (рис. 3)*.

Основное правило трансплантационной иммунологии состоит в том, что организм реагирует на трансплантационные антигены, которых не имеет сам. Трансплантационные антигены генетически детерминированы 6-й хромосомой (рис. 4).

Не вдаваясь в подробности, надо сказать, что исследования последнего десятилетия показали: тканевая совместимость связана с системой-HLA (Человек — Лейкоцит — Антиген) — исключительно богатой генетической структурой, которая, вероятно, представляет собой вершину всей иммунной системы. Подтверждение этому мы находим в развитии трансплантационной иммунологии за последние годы.

Так, группой Терасаки (Terasaki) было показано, что совместимость между донором и реципиентом по локусам D или DR** оказывает заметное влияние на выживаемость трансплантируемой почки.

Имеется много свидетельств того, что D-антигены, которые обнаруживают серологически (по реакции с антителами сыворотки крови) показывают прямую функциональную параллель с DR-антигенами, которые могут быть определены только с помощью цитологического MLC-теста (смешанной культуры лимфоцитов).

В то время как на серологическое тестирование уходит 2—3 ч, на выполнение MLC-теста — 3-5 дней — слишком много, чтобы при современном способе консервирования сохранить жизнеспособность трупной почки. Проведение MLC- и DR-типирования, т. е. установления типа ткани по тесту, легче осуществить при пересадке почки от живого донора. Только после соответствующих результатов типирования делается окончательный выбор донора даже из числа кровных родственников. Когда пересадка органа может быть планомерно подготовлена и проведена, отпадает необходимость в консервировании почки. Значит, определение и установление определенной тканевой совместимости может играть позитивную роль при выборе наиболее подходящей по тканевому типированию пары донор — реципиент.

Чем меньше гистосовместимость антигенов, тем больше опасность, что пересаженная почка донора будет опознана реципиентом как чужеродное тело и отторгнута.

Кривые выживаемости трансплантированных у нас трупных почек показывают, что при нали-

---

* Подробнее об этих клетках см.: Петров Р. В. Взаимодействие клеток иммунной системы нашего организма. — Наука и человечество. 1981. — *Ред.*

** Локус — участок хромосомы, где находится ген какого-либо признака. — *Ред.*

Рис. 1. Схема аппарата «искусственная почка»

Рис. 2. Виды трансплантации органов и тканей

За некоторым исключением и сейчас имеет силу принцип: без диализа нет трансплантации. В первую очередь это связано с пересадкой аллогенной трупной почки. При живом доноре ситуация несколько другая, так как здесь можно планировать время пересадки, и держать больного на «искусственной почке» в ожидании подходящего трансплантата нет необходимости.

Для успешной пересадки почки главная проблема — решение комплекса вопросов иммунологии.

Почему же это так существенно? Иммунная система человеческого организма образована лимфоцитами различных видов, относящимися к одному из типов кровяных клеток. Примерно $2 \cdot 10^{12}$ клеток человеческого организма — лимфоциты. Функция иммунной системы состоит в том, что она должна распознать попавшие в организм из внешней среды возбудители инфекций и инородные тела, среагировать на них в ходе защитной реакции, обезвредить и удалить. Без этой реакции человек становился бы жертвой любой инфекции.

Столь необходимая для организма защитная система, образовавшаяся в ходе эволюционного развития, представляет собой серьезное препятствие для трансплантации органов. Чужеродный орган распознается организмом реципиента и вызывает в нем специфическую иммунологическую реакцию, которая ведет к отторжению трансплантата. Организм охраняет свою индивидуальную целостность.

Можно было бы показать, что почка донора — чужеродный антиген — активизирует в лимфатических органах реципиента, таких, как селезенка и лимфатические узлы, находящиеся там так называемые Т- и В-клетки, обязанные своим происхождением костному мозгу. В реакции отторжения главную роль играют Т-клетки, которые трансформируются в Т-киллеры (клетки-убийцы). Они направляются к месту локализации антигена (в нашем случае к почке) и вызывают там клеточную реакцию. В-клетки продуцируют антитела, которые могут реагиро-

Рис. 3. Схематическое изображение защитного механизма реципиента против почки донора

Рис. 4. HLA-система 6-й хромосомы. Она детерминирует антигены различных клеток, против которых реагирует защитный механизм реципиента, когда в организме нет антигенов, идентичных антигенам донорской почки. Совместимость по HLA-антигенам оказывает влияние на прогноз трансплантации

вать с антигеном вне клетки, причем реакция имеет для отторжения второстепенное значение (рис. 3)*.

Основное правило трансплантационной иммунологии состоит в том, что организм реагирует на трансплантационные антигены, которых не имеет сам. Трансплантационные антигены генетически детерминированы 6-й хромосомой (рис. 4).

Не вдаваясь в подробности, надо сказать, что исследования последнего десятилетия показали: тканевая совместимость связана с системой-HLA (Человек — Лейкоцит — Антиген) — исключительно богатой генетической структурой, которая, вероятно, представляет собой вершину всей иммунной системы. Подтверждение этому мы находим в развитии трансплантационной иммунологии за последние годы.

Так, группой Терасаки (Terasaki) было показано, что совместимость между донором и реципиентом по локусам D или DR** оказывает заметное влияние на выживаемость трансплантируемой почки.

Имеется много свидетельств того, что D-антигены, которые обнаруживают серологически (по реакции с антителами сыворотки крови) показывают прямую функциональную параллель с DR-антигенами, которые могут быть определены только с помощью цитологического MLC-теста (смешанной культуры лимфоцитов).

В то время как на серологическое тестирование уходит 2—3 ч, на выполнение MLC-теста — 3-5 дней — слишком много, чтобы при современном способе консервирования сохранить жизнеспособность трупной почки. Проведение MLC- и DR-типирования, т. е. установления типа ткани по тесту, легче осуществить при пересадке почки от живого донора. Только после соответствующих результатов типирования делается окончательный выбор донора даже из числа кровных родственников. Когда пересадка органа может быть планомерно подготовлена и проведена, отпадает необходимость в консервировании почки. Значит, определение и установление определенной тканевой совместимости может играть позитивную роль при выборе наиболее подходящей по тканевому типированию пары донор — реципиент.

Чем меньше гистосовместимость антигенов, тем больше опасность, что пересаженная почка донора будет опознана реципиентом как чужеродное тело и отторгнута.

Кривые выживаемости трансплантированных у нас трупных почек показывают, что при нали-

* Подробнее об этих клетках см.: Петров Р. В. Взаимодействие клеток иммунной системы нашего организма. — Наука и человечество. 1981. — *Ред.*

** Локус — участок хромосомы, где находится ген какого-либо признака. — *Ред.*

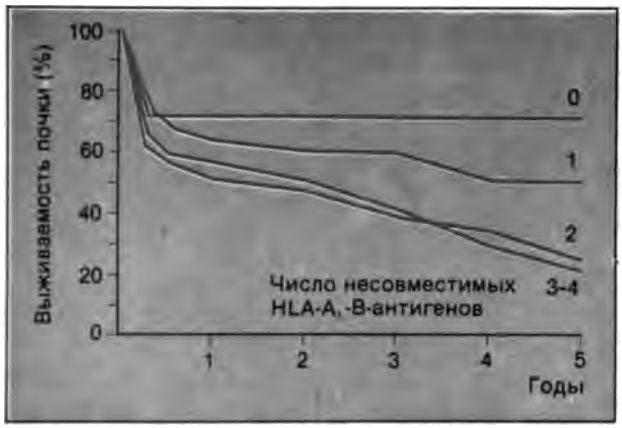


Рис. 5. Выживаемость трансплантата в случае пересадки трупной почки в зависимости от совместимости по системе-HLA у пациентов центра трансплантации в Берлине. Чем меньше несовместимость антигенов в почечном трансплантате, тем лучше его выживаемость

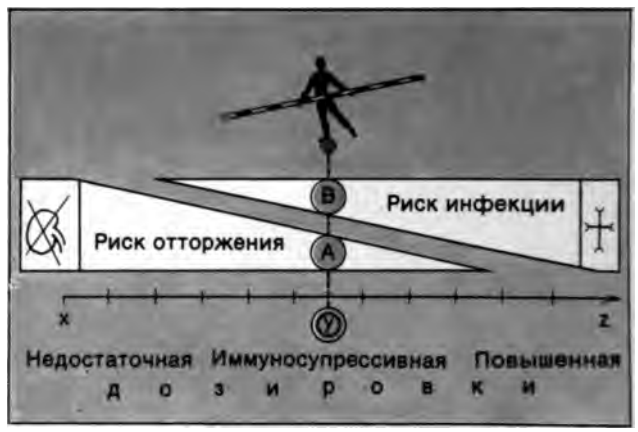


Рис. 6. Связь между риском отторжения и инфекцией в зависимости от дозировки медикаментов, ослабляющих иммунитет. Так называемая «оптимальная» область дозировки *(y)* создаст компромисс между минимальным риском отторжения *(A)* и риском инфекции *(B)*

чии 2—4 несовместимых так называемых HLA-A- и HLA-B-антигенов функционирование трансплантата свыше 5 лет встречается значительно реже, чем, например, при наличии одного несовместимого антигена в трансплантированной почке (рис. 5). Чтобы ослабить индивидуальную иммунологическую защитную систему, реципиенту необходимо давать соответствующие медикаменты (преимущественно азатиоприн и стероиды). При назначении этих препаратов (их называют иммуносупрессивными от лат. «супрессио» — подавление) следуют принципу: не больше, чем необходимо, чтобы подавить процесс отторжения, и как можно меньше, чтобы по возможности избежать побочных действий (рис. 6). Эти побочные действия применяемых препаратов могут привести к тяжелым осложнениям у реципиента. В первую очередь надо назвать инфекции, подавление лейко- и тромбопоэза, образование язв в желудочно-кишечном тракте, стероидный диабет, синдром Кушинга (признаки болезни — ожирение, лунообразное лицо и другие симптомы вследствие избытка кортикотропных гормонов).

Клинические и экспериментальные сведения, которые были собраны в последнее время, показывают, что описанные выше осложнения в даль-

---

Проблема пересадки почки в ГДР уже в течение длительного времени планомерно и успешно решается как в теоретическом, так и в практическом плане. Следует отметить, что и в других социалистических странах, в том числе и в Советском Союзе, эта область медицины развивается в быстром темпе. Как показали данные отчета по трансплантации почки за 1980 г. (обсчет результатов проводится в координационном центре в Праге), выживание пересаженных почек в течение первого года (этот критерий принят в международной статистике) составил в ГДР и СССР около 60 %, что соответствует среднемировому уровню.

Искусственная почка сама по себе может дать больному возможность в течение ряда лет поддерживать свою жизнь на таком уровне, когда сохраняется частичная или полная работоспособность. Конечно, успешно трансплантированная почка значительно превосходит в качественном отношении искусственную почку, однако последовательное использование того и другого вида лечения в итоге значительно увеличивает срок жизни больного. Тем не менее, если для применения искусственного органа имеется очень мало ограничений, то для пересадки почки их множество.

Весьма сложно прежде всего получение самих трансплантатов. Создание различных международных сообществ, например Интертрансплантата (организации, куда входят страны—члены СЭВ), позволяет более полно использовать получаемые органы и, что, может быть, еще важнее, проводить операцию пересадки почки в наиболее благоприятных условиях с точки зрения иммунологического подбора. Разумеется, это не решает в полной мере проблему получения необходимого числа трансплантатов.

До сих пор сложен и вопрос о совместимости донора и реципиента (больного). Дело в том, что любой организм состоит из огромного числа всевозможных белковых структур, которые по своему составу весьма близки у индивидуумов одного вида (например, у всех людей), но при этом имеются и существенные различия. Хорошо известно, что у человека обнаружено 4 группы крови, резус-фактор и ряд других антигенов (специфических белков), что требует применения определенных правил при переливании крови от одного человека к другому. При нарушении этих правил в организме реципиента возникают реакции, которые могут повести к его гибели. Но даже в тех случаях, когда, казалось бы, никаких осложнений не возникает, форменные элементы крови донора в организме больного (хотя они и хорошо выполняют свою роль переносчика кислорода) распадаются быстрее, чем если бы больному была перелита его собственная кровь, заготовленная ранее. Равным образом

нейшем могут быть исключены. На основе собранных нами клинических и экспериментальных данных, мы установили индивидуальную схему назначения азатиоприна и стероидов, которая учитывает состояние пациента и функцию трансплантированной почки. На основании восьмилетнего клинического изучения различных кортикостероидных схем мы пришли к выводу, что побочные явления могут быть сведены к минимуму, если например, кортикостероид преднизолон назначать с интервалом 48 ч. Это обеспечивает (при варьировании дозы) очень хорошую функцию почки и ведет к значительному уменьшению частоты стероидного диабета и тяжелых инфекций. Лунообразность лица практически полностью исчезает. Таким образом, оправдывается введенный нами преднизолонный режим с низкими дозировками, используемый уже несколько лет.

Отшлифованная до тонкости методика операции трансплантации свела хирургические и урологические осложнения к минимуму. Если доля их раньше была 10—20%, то теперь колеблется в пределах 3%. В наших экспериментах на животных была разработана новая методика анастомоза между мочеточником пересаженной почки и мочевым пузырем реципиента. Этот метод позволяет обойтись без широкого вскрытия мочевого пузыря и, таким образом, предотвратить попадание инфекции из инфицированного мочевого пузыря в операционную рану. Кроме того, он лучше обеспечивает физиологические условия подвижности пересаженного мочеточника в стенке мочевого пузыря.

После успешных опытов на животных новая методика была внедрена в клиническую практику. Наши наблюдения, так же как и опыт советских коллег, подтверждают эффективность новой методики операции.

Дальнейшее продолжение исследований по трансплантации органов ожидается в следующих направлениях:

— разработка и испытание новых иммуносупрессивных медикаментов с низким побочным действием;

— изучение защитного механизма реципиента, действующего против трансплантата и его генетически обусловленных особенностей;

— изучение механизма защиты трансплантата.

Сегодня мы знаем, что длительное нормальное функционирование почечного трансплантата — результат не только нашей иммуносупрессивной терапии, но и результат хорошей совместимости по системе-HLA. У пациентов после трансплантации обнаруживаются защищающие трансплантат факторы. Целенаправленная стимуляция этих защищающих факторов достигнет в будущем наибольшего терапевтического значения.

Все факторы, которые вместе со специфическим иммунитетом направлены на ослабление «силы» донорских антигенов и, таким образом, содействуют продлению выживаемости трансплантата, объединяются понятием «феномен усиления».

Клиническое применение активного «феномена усиления» уже практикуется с помощью пред-

---

происходит гибель лоскутов кожи и других тканей (кости, сухожилия), которые пересаживаются больному при ожогах, переломах и т. д. Эти трансплантаты лишь временно выполняют свою функцию, заменяясь в дальнейшем собственными тканями больного. При пересадке же целого органа такого замещения собственным органом на базе «чужого» не происходит, и поэтому пока пересаженный орган работает, больной должен принимать ряд медикаментов, которые препятствуют развитию реакции отторжения или ослабляют ее.

Современная иммунология уже близко подошла к тому, что действительно можно найти двух неродственных людей, антигенные различия между которыми незначительны, а следовательно, пересаженный орган не будет отторгаться или реакцию отторжения можно легко подавить, но встречается такая близость весьма редко.

Поэтому в подавляющем большинстве случаев медикаментозное воздействие необходимо, а жизнь пересаженного органа в чужом организме ограничена, хотя и может длиться годами.

Что касается механизма реакции отторжения органа, то он пока до конца не изучен, хотя в этом отношении и достигнуты огромные успехи. Упрощая, можно сказать, что пересаженный орган подвергается разрушению двумя способами: гуморальным и клеточным. При гуморальном белки органа поражаются так называемыми антителами, т. е. такими белками больного, которые по своей структуре являются как бы зеркальным отражением структуры белка пересаженного органа. Соединяясь между собой («как ключ с замком») эти структуры подвергаются гибели, что ведет в конечном результате и к гибели органа. При клеточном типе отторжения поражение белковых структур пересаженного органа осуществляется специальными клетками больного, причем эффект такого воздействия реализуется лишь благодаря сложным взаимодействиям этих клеток между собой.

Практически, на разных стадиях может преобладать тот или иной механизм. Так, например, гибель пересаженной почки уже на операционном столе (так называемое сверхострое отторжение) связано, вероятно, с преобладанием гуморального типа отторжения или исключительно с ним, в то время как при отторжении через несколько дней, месяцев или лет чаще речь идет о клеточном типе. Первый тип отторжения является до настоящего времени фатальным, и никакими средствами пока не удается его избежать, тогда как при втором варианте возможно при помощи медикаментов подавить реакцию отторжения и сохранить жизнеспособным пересаженный орган.

шествующего трансплантации переливания крови донора реципиенту. Но это возможно только при пересадке почки от живого донора (в противном случае кровь берется, конечно, не донорская).

На основании нашей практики (1975—1981 гг.) мы четко отмечаем, что многократные переливания крови при диализе ведут к улучшению выживаемости трансплантата, равно как и в случаях пересадки трупной почки. Не останавливаясь на механизме, лежащем в основе данного процесса, мы должны отметить, что сегодня переливание крови до пересадки почки — принципиально необходимое мероприятие.

Неизбежно возникает вопрос: какое значение имеет аллогенная трансплантация почки в лечении терминальной почечной недостаточности (конечной ее стадии)? Медико-статистические данные в различных европейских странах, а также у нас в ГДР свидетельствуют о том, что на 1 млн. населения в год насчитывается от 50 до 60 таких больных. Для нашей страны с населением 16,8 млн. человек это означает 840—1000 больных в год, требующих лечения.

На этой прогрессирующей стадии почечной недостаточности сейчас имеется только два жизнеспасающих метода лечения: диализ и трансплантация почки. Опыт показывает, что 40—50% этих больных подходят для пересадки почки. Ограничивающими факторами являются: возраст, общее состояние больного, определенные сопутствующие заболевания и, наконец, психологический фактор, в том числе согласие больного на хирургическое вмешательство.

В ГДР ежегодно необходимо производить 350—400 пересадок почек. Это нужно также и потому, что приблизительный баланс между больными, принимаемыми на диализ, и больными, которые после успешной трансплантации не нуждаются в нем, должен постоянно поддерживаться, иначе число необходимых диализных мест вместе с дорогостоящими приборами и принадлежностями постоянно росло бы.

Это обстоятельство потребовало от нашего здравоохранения выработки определенной стратегии как в лечении терминальной почечной недостаточности, так и в области профилактики.

Прежде всего была создана сеть диализных центров; их число в 1981 г. достигло в ГДР 48, из них три — специально для детей, а два — сателлитных, вспомогательных, особенно пригодных для реабилитированных больных (с восстановленной их трудоспособностью). В Берлине сателлитный центр существует с 1975 г. (рис. 7). Он помещается в четырехкомнатной квартире в пяти минутах ходьбы от больницы Берлин-Фридрихсхайн. 6 больных одновременно диализируются автоматически контролируемыми приборами под присмотром специально обученной сестры. Диализ и надзор за приборами частично могут проводить сами больные. Это дает им как уверенность и чувство самостоятельности, так и определенную независимость. Лечение проводится в 2—3 смены, чтобы больные, занятые в утренние часы, могли выбрать дневную или вечернюю смену.

В будущем госпитальный диализ будет осуществляться преимущественно для тяжелобольных и недавно оперированных.

Реабилитация, даже частичная, важна не только для больных, но и для общества, так как наполненный смыслом общественно полезный

Рис. 7. Сателлитный центр гемодиализа при больнице Берлин-Фридрихсхайн

Рис. 8. Сеть организации по трансплантации почки в ГДР

труд благотворно влияет на жизнеспособность и активность больного.

В качестве следующего шага в 1967 г. мы приступили к строительству первого центра трансплантации почки в урологической клинике городской больницы Берлин-Фридрихсхайн, который начал свою регулярную деятельность с 1970 г.

На 1981 г. в ГДР уже имеется три центра трансплантации, которые способны проводить свыше 300 пересадок в год. Лаборатории типирования, группы забора почек были созданы в соответствии с научными достижениями и требованиями послеоперационного надзора за больными.

Так, шаг за шагом возникла в нашей стране соответствующая организация (рис. 8) во главе с центрами трансплантации и координации, с налаженным обменом почек как внутри страны, так и за ее пределами. Кроме того, в ГДР мы имеем развитую и проверенную в течение долгого времени диспансерную систему наблюдения за всеми больными с пересаженной почкой.

Это, однако, не означает полного решения проблемы. В вопросах лечения и профилактики терминальной почечной недостаточности остается еще очень много неизученных моментов. Поэтому выработанная стратегия медицинского обслуживания больных почечной недостаточностью включает также научно-исследовательскую работу. В ГДР различные аспекты трансплантации почек в основном разрабатываются в рамках научно-медицинской программы «Хроническая почечная недостаточность». Организация, координирующая данную проблему, — это больница Берлин-Фридрихсхайн. Основная задача нашей исследовательской программы — раскрыть причины и изучить формы течения важнейших почечных заболеваний, ведущих к почечной недостаточности, чтобы проводить соответствующую профилактику еще в детском возрасте и применять адекватное лечение на всех стадиях заболевания — как различные методы диализа, так и аллогенную трансплантацию.

Поскольку в ГДР мы должны проводить около 350 пересадок почки в год, необходимо, чтобы в нашем распоряжении было примерно в 2 раза больше почек, так как по анатомическим, функциональным и многим другим причинам около 50% заготовленных органов непригодно для трансплантации.

Откуда берутся донорские почки?

Во-первых, как уже говорилось, это трупные почки — чаще всего почки погибших в результате несчастных случаев, во-вторых, почки добровольных живых доноров. В последнем случае органы могут поступать только от родственников по крови с обеими полностью здоровыми почками и когда общее состояние донора позволяет изъять одну из них как с медицинской, так и с морально-этической точки зрения. Опыт показывает, что выживаемость пересаженной почки от живого донора на 15—20% выше, чем от трупа. Это понятно, если вспомнить, что у близких родственников вероятность генетически детерминированной тканевой совместимости значительно выше. Кроме того, между живым донором и реципиентом можно значительно точнее установить совместимость методом смешанной культуры лимфоцитов (MLC-тест), нежели при использовании трупной почки.

Дело осложняется также тем, что консервация почки, взятой от трупа, является основой удовлетворительной пересадки. В эксперименте и клинике оказываются пригодными два способа такой консервации. Это предложенный Бельцером (Belzer) способ постоянной гипотермической перфузии при помощи специального аппарата, который осуществляет принудительную циркуляцию перфузионного раствора, содержащего белки плазмы, и созданный Коллинзом (Collins) гипотермический бесперфузионный метод консервации почки электролитным раствором внутриклеточного типа.

Эффективность обоих методов консервации

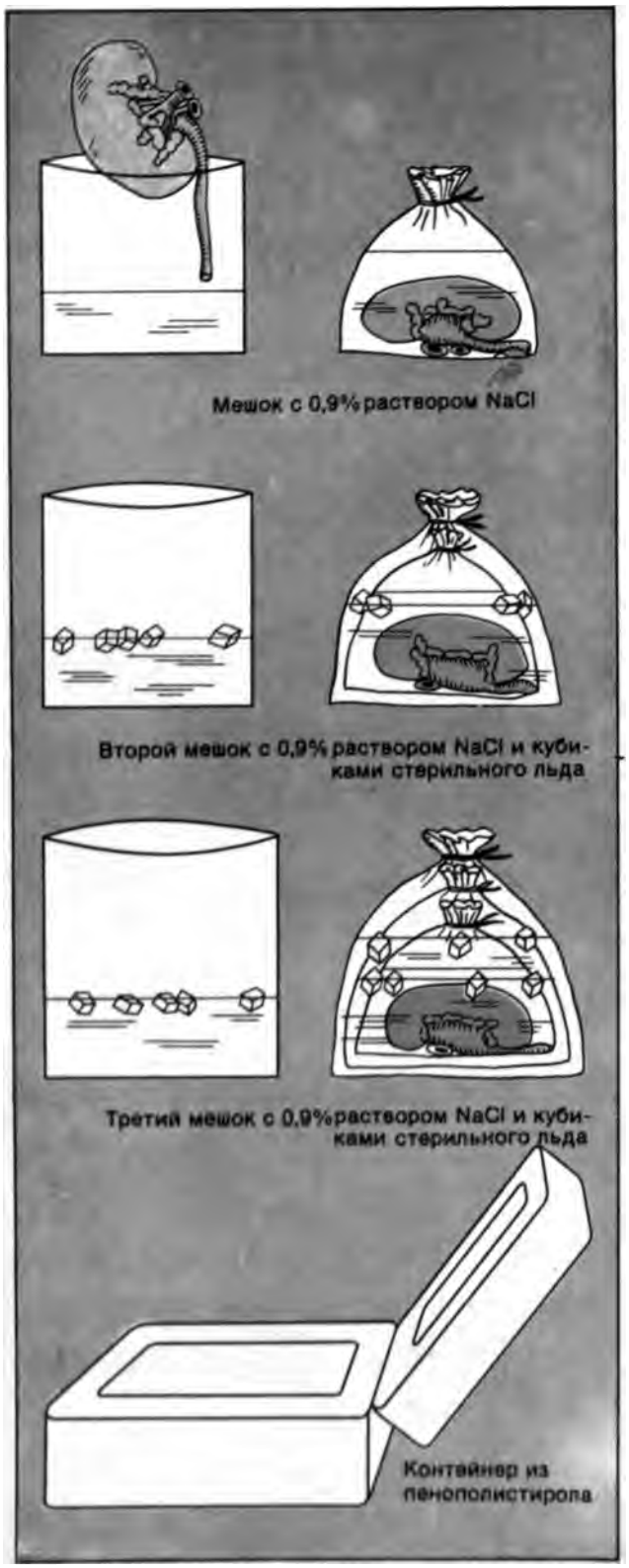


Рис. 9. Простой гипотермический бесперфузионный метод консервирования почки. Показано, как почка упаковывается для пересылки

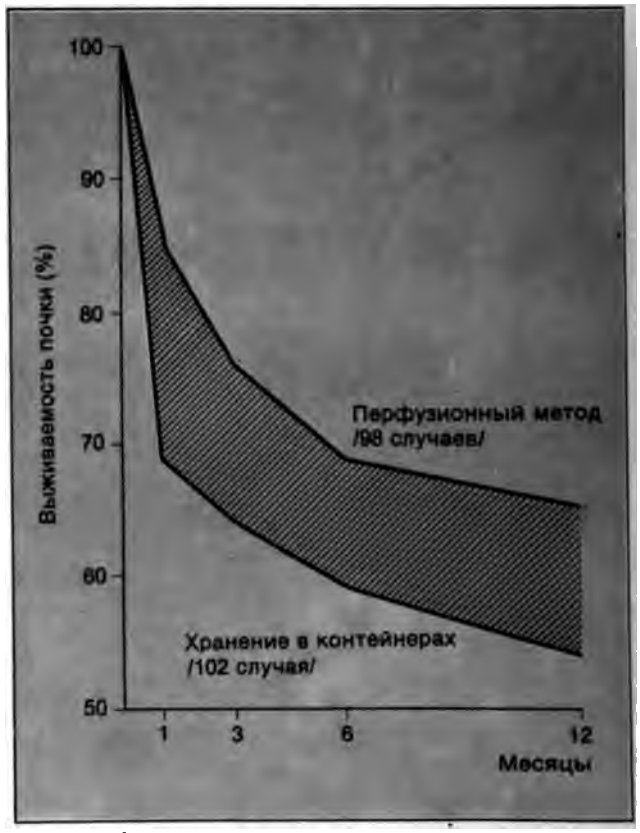


Рис. 10. Сравнительные результаты клинической оценки эффективности перфузионного и бесперфузионного методов консервирования почки

Рис. 11. Аппарат для консервации почки ОКМ-1. Эта патентованная перфузионная машина была сконструирована в исследовательской лаборатории урологической клиники Шарите

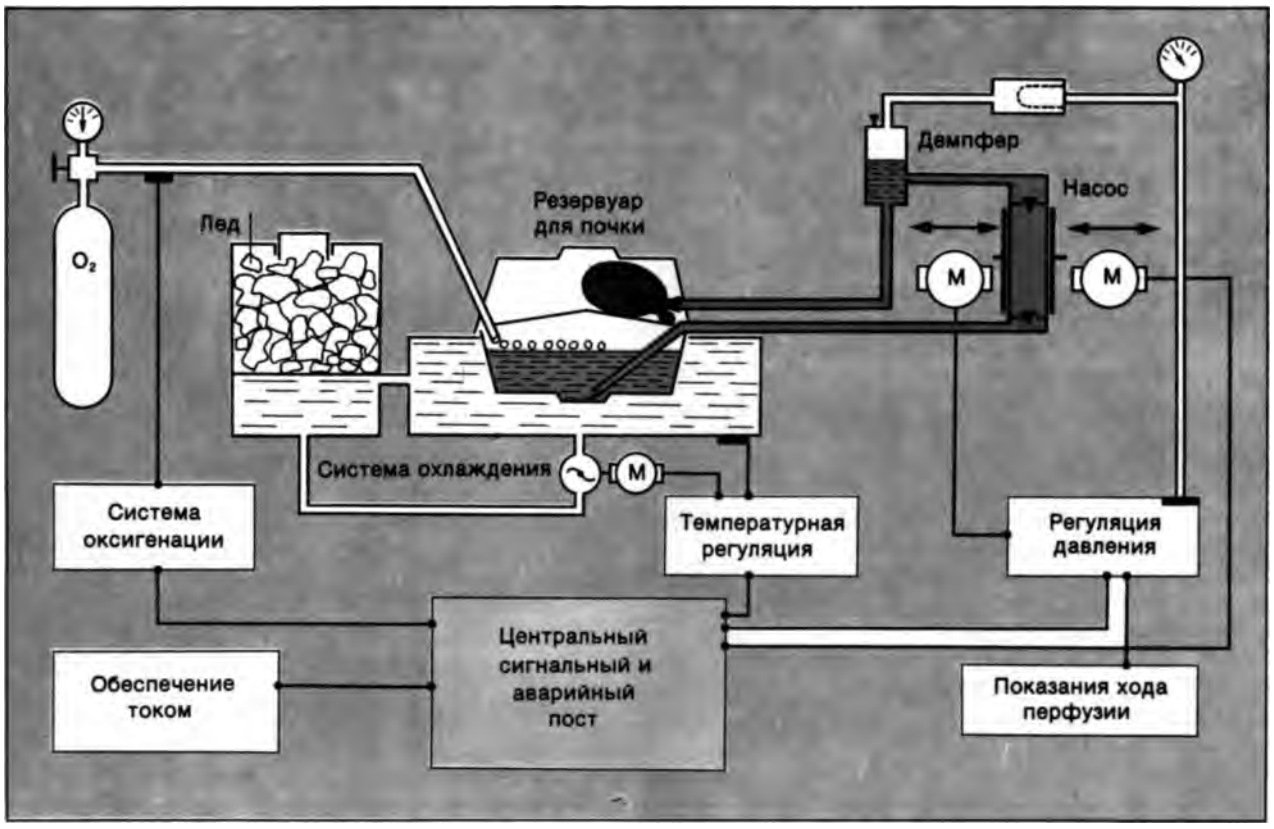


Рис. 12. Схема действия консервационной машины ОКМ-1. Здесь пять главных функциональных групп: система почечной перфузии, управляемая насосная система, система охлаждения, система оксигенации, автоматическая система контроля и регуляции

оценивалась в различных клиниках мира. В наших исследовательских лабораториях в течение более чем 10 лет проводятся опыты с различными вариантами этих методов, часть которых внедрена в клиническую практику.

Результаты исследования на животных так же, как и данные тщательно контролируемого клинического исследования, показали бесспорно лучшие результаты функционирования трансплантата на ранних и поздних этапах при перфузионном методе консервации, чем при бесперфузионном. Однако простота бесперфузионного метода благоприятствует его дальнейшему применению как для транспортировки почки из больницы, где находится донор, в центр трансплантации, так и для кратковременного консервирования. После отмывания от крови почка помещается в стерильную трехслойную пластиковую упаковку, которая транспортируется в пенополистироловом контейнере с кусочками льда (рис. 9). Метод предназначен для кратковременной консервации до 24 ч. Некоторые исследователи достигли более длительного хранения этим простым способом, однако их результаты до сих пор практически не воспроизведены.

Границы обычного хранения в холоде даже при температуре + 4°С очень узки, так как вследствие продолжающегося, хотя и пониженного метаболизма происходит потребление энергии и накопление в «отключенной» почке различных токсичных продуктов обмена. Энергетические ресурсы органа истощаются и почти полностью расходуются. В результате возникают неисправимые повреждения, делающие невозможным выполнение почкой ее функций после пересадки.

В зависимости от обстоятельств в нашей программе трансплантации используются достоинства обоих методов. Сегодня не подвергается сомнению, что перфузионная консервация предназначена для более длительных сроков, чем бесперфузионная.

В этом мы убедились в итоге многочисленных исследований почечного кровоснабжения, функции и морфологии органа, проведенных в нашей лаборатории на модели трансплантированной почки у собак с применением обоих методов консервации и с учетом исследований обмена веществ и энергии.

Лучшие экспериментальные результаты консервирования перфузионным методом были в дальнейшем подтверждены при 200 пересадках почки в нашей клинике. Почки, консервирован-

ные методом перфузии, давали выживаемость на 15% выше, чем при применении бесперфузионного метода Коллинза (рис. 10). Еще раз подчеркнем решающие преимущества перфузионного метода консервации: перфузат обеспечивает орган энергией и кислородом и служит одновременному удалению токсических продуктов метаболизма. Поэтому можно увеличивать время хранения органа, улучшать условия иммунологического подбора реципиента, непосредственной предоперационной подготовки больного и планирования операции. В дальнейшем перфузионный метод создаст благоприятные предпосылки для международного обмена почками.

Необходимость в таком обмене возникает в том случае, когда в стране нет подходящего для пересадки материала. Нередко оптимальный иммунологический подбор донора и реципиента (в соответствии с вышеназванными критериями) представляет большие трудности.

На основе данных многолетних экспериментальных исследований возникли новые медицинские требования к консервации почки, которые могут быть удовлетворены только с помощью недавно разработанного у нас аппарата для консервации. Сконструированный нами аппарат

Рис. 13. Больная Е. Х. (31 год, воспитатель детского сада) со своим новорожденным. Ей в ноябре 1976 г. была пересажена трупная почка. В сентябре 1977 г. после беременности, протекавшей без осложнений, и нормальных родов родился здоровый ребенок, который в течение четырехлетнего наблюдения развивался нормально

Выживаемость трансплантированной почки и больного в больнице Берлин-Фридрихсхайн

Выживаемость, годы	Трансплантат, %	Пациент, %
Первый	60	82
Второй	58	79
Третий	52	71
Четвертый	45	66
Пятый	42	62

(рис. 11) располагает в качестве существенного новшества высокочувствительно реагирующей насосной системой с полностью автоматизированным управлением по датчикам давления (рис. 12). Это впервые позволило избежать (возникающих преимущественно под влиянием гипотермических факторов) повреждений сосудов из-за нефизиологического изменения давления. Несмотря на совершенствование аппарата, время хранения почки пока ограничивается в среднем 72 ч. В дальнейшем он сможет, вероятно, обеспечивать 7—10-дневное хранение, что на 20—30% повысит выживаемость трансплантата. Тогда откроется возможность, применяя MLC-тест, настолько ослаблять влияние антигена организма донора, что трансплантат не будет восприниматься реципиентом как «чужой».

Все это не означает, однако, что мы готовы ограничиться перфузионным методом.

Какие же перспективы намечаются в применении бесперфузионной консервации?

Полное подавление всех процессов обмена веществ принципиально возможно при дальнейшем уменьшении температуры консервации — при замораживании. Несмотря на значительный прогресс в этой области за последние годы, пока не удалось воспрепятствовать необратимым функциональным и структурным изменениям в тканях почки, возникающим при замораживании. Здесь нужно значительное развитие техники замораживания и оттаивания.

Альтернатива предлагается при нормотермической консервации (при $t°$ тела). Предпосылкой является знание всех — как метаболических, так и гормональных — процессов почки. В применяемой в настоящее время длительной гипотермической перфузионной консервации не было бы необходимости, если бы удалось создать соответствующий всем физиологическим параметрам перфузат, поскольку одновременно с перфузией могли бы удаляться образующиеся токсичные продукты обмена веществ. На сегодняшний день это невозможно. Пути развития в этом направлении — эксперименты с альбуминосодержащими и способными к транспорту кислорода кровозаменяющими растворами на основе флюокарбонов (фтороуглеродов).

Если почка после пересадки не функционирует, причина может заключаться, помимо ишемических повреждений (обескровливания), также и в реакции отторжения. Трансплантированную почку, как правило, удаляют, а больной возвращается на диализ. Возможны повторения, две-три трансплантации. Прекращение функции пересаженной почки ни в коем случае не означает при этом смерть больного.

В ГДР до декабря 1981 г. было проведено 880 пересадок почек, из них — 550 в больнице Берлин-Фридрихсхайн. Только 7 пересаженных почек было от живых доноров. Результаты в области трансплантации трупных почек соответствуют международному уровню. В таблице на основе данных 500 пересадок трупной почки, проведенных в центре Берлин-Фридрихсхайн, показана выживаемость трансплантированной почки и больного. Решающий показатель при этом — полнота жизни после трансплантации. Едва ли при каком другом длительно протекающем хроническом заболевании возможна такая почти полная функциональная нормализация, как при трансплантации почки. 92% всех живущих с нормально функционирующей почкой больных после пересадки снова обрели трудоспособность, и большинство смогло вернуться к прежней профессии. При возвращении к общественной жизни пациентам, перенесшим пересадку почки (многие из них в предшествующие 5—10 лет получали пенсию по инвалидности), оказывается медицинская, социальная и профессиональная поддержка. Организация такой комплексной реабилитации осуществляется системой трансплантационно-диспансерного обслуживания. Убедительным свидетельством полной медицинской реабилитации после трансплантации служит, например, успешное разрешение беременности (рис. 13).

84 наших пациента живут с одной функционирующей почкой 6 и более лет, в том числе 18 больных от 9 до 13 лет. Пока что самое длительное у нас время функционирования пересаженной трупной почки — 13 лет.

В последние годы удалось повысить выживаемость трансплантируемой почки и особенно больных на первом году после операции. Мы научились своевременно переводить больных на диализ в случае поражения трансплантированной почки, удалять эту пораженную почку и сохранять жизнь больного.

Как уже указывалось, вторая и третья пересадки — сегодня уже не редкость. Это доказывает, что продуманная комбинация «диализ — трансплантация, диализ — повторная трансплантация» может значительно повысить выживаемость больного.

Множество успешных пересадок, как нам кажется, по праву говорит о том, что трансплантация почки становится для больных началом новой жизни.

СТО ЛЕТ НАЗАД

ПАРИЖ. Новое приложение электрического света в медицине. На заседании Парижской академии наук д-р Булей показывал от имени гг. П. Эло и Г. Труве медицинский прибор с электрическим светом, состоящий из небольшой лампочки с накаливанием, помещенной в цилиндре между рефлектором и плосковыпуклым стеклом. Прибор этот очень легкий, прикрепляется на эластичном ремне ко лбу доктора и дает очень сильный свет, направление которого зависит от положения головы доктора, а также от положения стекла в цилиндре. Благодаря такому положению осветительного источника руки доктора совершенно свободны. Аппарат служит для освещения естественных полостей человеческого тела или глубоконаходящегося места операции.

«The Tel. Journal»

ПЕТЕРБУРГ. Специфические микробы и бактерии, как агенты, производящие различные формы заразительных заболеваний, входят теперь, так сказать, в моду. Так, найдены и изучены микроорганизмы, вызывающие сибирскую язву, сап, холеру, тифозную горячку у лошадей, злокачественный тиф у свиней, перемежающуюся лихорадку, чахотку, рожу. Влиянием специального микроба склонны теперь, объяснять, между прочим, и бешенство. Одним словом, по русской пословице: «На ловца и зверь бежит», болезнетворные микробы начинают объявляться почти во всех случаях, когда их принимаются искать. Существование всех их поставлено теперь вне всякого сомнения. Упрекать ученых, занимающихся исследованиями подобного рода, в увлечении микробами, смотреть на этих последних, как на продукт творческой фантазии исследователей, не представляется более возможным: специфические микробы действительно существуют и всякий скептицизм по отношению к ним является неуместным.

«Наблюдатель»

Раймо Николаевич ПУЛЛАТ (р. 1935) — историк-урбанист, доктор исторических наук, профессор, заведующий сектором истории социализма Института истории АН Эстонской ССР, заместитель председателя республиканского Совета по координации научной деятельности в области естественных и общественных наук при Президиуме АН ЭстССР.

В 1958 окончил исторический факультет Тартуского университета, а в 1964 — аспирантуру при Институте истории АН ЭстССР, где с 1974 заведует сектором истории социализма. С 1978 — заместитель директора института по научной части, с 1979 — заместитель председателя республиканского Совета по координации научной деятельности в области естественных и общественных наук при Президиуме АН ЭстССР.

В 1964 защитил кандидатскую диссертацию, а в 1972 — докторскую.

Р. Н. Пуллат — автор 150 научных трудов, в том числе монографий: «Социальная структура Советской Эстонии», «Городское население Эстонии с конца XVIII века до 1940 года», «Города буржуазной Эстонии», «Эстония в огне революции 1905—1907 гг.» (в соавторстве). Инициатор, составитель и основной автор обобщающих изданий, посвященных историческому развитию столицы Советской Эстонии — Таллина и университетского города Тарту, на эстонском и русском языках.

Его работы публиковались не только в СССР, но также в Венгрии, ГДР, ПНР, Финляндии, Франции, ФРГ. Он читал лекции в университетах ГДР, ПНР, Финляндии; выступал с докладами на международных конференциях в СССР, ГДР, ПНР, Нидерландах, Норвегии, Финляндии, ФРГ, Швеции.

В 1978, 1979 и 1981 Р. Н. Пуллат работал в Геттингенском архиве и Бундесархиве в Кобленце в ФРГ, где им выявлены материалы исключительной исторической ценности, о сохранности которых советским ученым ранее не было точно известно. Это — архив Большой гильдии, архив гильдии св. Каннута, архив Черноголовых и другие фонды Таллинского архива (XIII—XIX вв.), вывезенного немецко-фашистскими оккупантами в 1944 г.

РАЙМО НИКОЛАЕВИЧ ПУЛЛАТ

Из ранней истории города Тарту

История Тарту, одного из древнейших городов Прибалтики — уже в 1030 г. он впервые упоминается в летописи, — богата событиями. Исследователи внимательно и скрупулезно изучают летописи, литературные произведения, памятники архитектуры и археологии, чтобы уловить дух эпохи и восстановить реальную обстановку, окружавшую жителей Тарту.

Советские эстонские историки постарались проследить генезис феодального Тарту: как развивались в средние века ремесло, торговля и культура, каковы были численность и структура населения, образ жизни, заселенность и застройка города, взаимоотношения с близкими и далекими окружающими его землями. При этом ученые используют сравнительно-исторический метод и стараются найти общие черты и принципы в социально-экономическом и территориальном развитии городов данного региона.

На всем протяжении феодальной формации значение города неизменно возрастало. Хотя главными занятиями горожан были ремесло и торговля, жители города еще долго не порывали с сельским хозяйством. Перед городскими стенами простирались возделанные поля, сады и огороды, на пастбищах бродили стада. Несмотря на то, что феодальный город был не такой динамичный в своем развитии, как впоследствии капиталистический, тем не менее в нем постепенно происходили существенные сдвиги как в социальной структуре населения, так и в его внешнем облике.

По истории средневекового Таллина опубликованы исследования таких эстонских ученых, как К. Каплински, Р. Цобеля, М. Лумисте и др. В 1969—1975 гг. вышел двухтомный труд «История Таллина» (составитель Р. Н. Пуллат), обобщающий результаты изучения истории этого города эстонскими историками и краеведами.

В 1980 г. опубликована коллективная монография «История города Тарту» (составитель Р. Н. Пуллат), в которой показаны итоги многолетних исследований большого коллектива ученых и приводятся новые архивные материалы и данные недавних археологических раскопок.

1980 г. для Тарту и всех тартусцев был особенно знаменательным — исполнилось 950 лет с того времени, когда киевский князь Ярослав Мудрый основал на месте городища древних эстов Тарбату град Юрьев (Тарту).

* * *

Археологические раскопки, проведенные под руководством кандидата исторических наук В. Труммал на холме Тоомемяги в 1956, 1960 и 1976 гг., дают возможность проследить процесс возникновения и развития города Тарту. Сведения летописей о событиях тысячелетней давности получили подтверждение в археологических наблюдениях.

На пойменном берегу древней реки Эмайыги образовался подковообразный мыс Тоомемяги. На его восточной стороне, севернее нынешней обсерватории, располагалось городище Тарту, площадь которого составляла 7000—7500 кв. м. Естественные крутые склоны Тоомемяги около городища служили хорошей защитой. В искусственном укреплении нуждались лишь пологие северо-западная и западная стороны.

Городище Тарту заложено примерно в середине I тысячелетия (предположительно в V—VI вв.). Сохранившийся культурный слой этого периода содержал многочисленные образцы глиняной керамики с шершавыми стенками, костяные иглы, шилья, прядильные веретена и т. п.

Городище это тогда еще не было сильно укреплено. С западной и северо-западной сторон его прикрывал сравнительно низкий вал, укрепленный с внешней стороны мелкими камнями. Северо-западный склон защищала низкая каменная стена и ворота. При раскопках были обнаружены только обугленные остатки упавших воротных опор. Городище, только начавшее создаваться, погибло в огне, о чем свидетельствует слой сажи на горизонте раскопок.

Второй этап развития городища предположительно относят к VII в. — первой половине XI в. Были укреплены основные защитные сооружения городища (на западном и северо-западном склонах). Обнаруженные предметы схожи с находками, относящимися к первому этапу строительства городища. Наряду с керамикой с шершавыми стенками ручной работы найдена хорошо обожженная гладкостенная посуда из глины, а также кости домашних животных. В верхнем слое горизонта раскопок обнаружено много угольной крошки, пепла и сажи. Это дает основание предполагать, что и здесь деревянные постройки городища были уничтожены пожаром.

Вероятно, уже в этот период Тарту стал формироваться как местный центр. В начале XIII в. юго-восточная часть древней эстонской земли, называвшаяся Уганди, разделялась на округи. В хронике Ливонии монаха Генриха указывается, что в окрестностях Тарту (тогдашнего Тарбату) существовал округ Тарбату. В начале II тысячелетия (XI—XIII вв.) Уганди имел два центра: в северной части — Тарту, в южной — Отепя. Тарту и Отепя являлись важными военными опорными пунктами.

Благодаря своему удобному расположению на перекрестке торговых путей, городище Тарту во второй половине I тысячелетия — начале II тысячелетия превратилось в торговый центр. Об этом свидетельствуют клады, найденные в Тарту и его окрестностях. Их насчитывается более 20, и содержат они серебряные украшения, римские монеты первых веков I тысячелетия, византийские, арабские и западноевропейские монеты X—XII вв. В Варнья близ Чудского озера и Кавасту, что в низовьях Эмайыги, обнаружены фрагменты двух византийских серебряных блюд, восходящих ко второй половине I тысячелетия.

У северного подножья холма Тоомемяги дорога выходила к Эмайыги, откуда можно было попасть в Нарвамяги. Предполагается, что здесь пролегала сухопутная дорога, связывавшая Северную Эстонию с Южной. На месте городища она пересекалась с водным путем Эмайыги и, вероятно, здесь располагались торговый центр и пристань. Водный путь через Чудское озеро соединял Тарту с Псковом, а через озеро Выртсъярв по рекам Тянассильма, Раудна и Пярну — с Балтийским морем. Упоминания о сухопутных дорогах относятся к XIII в.

Третий этап развития городища Тарту связывается с тремя десятилетиями господства Киевской Руси. В «Повести временных лет» содержится запись, датированная 65?8 г. (т. е. 10?0 г.), о захвате Тарту киевским великим князем Ярославом (Ярославом Мудрым): «Ярослав Бельзы взял. И родился Ярославу четвертый сын, и нарече имя ему Всеволод. Семь же лете иде

Склон Тоомемяги

Ярослав Мудрый (978—1057), основавший на месте городища эстов Тарбату град Юрьев (Тарту). Реконструкция по черепу М. М. Герасимова

Глиняный сосуд славянского типа из городища на Тоомемяги

Кольчуга. XIII в.

Ярослав на чюдь, и победи я, и постави град Юрьев».

Христианское имя князя Ярослава было Юрий. Наименование города — Юрьев, которое последовательно встречается в позднейших русских источниках, свидетельствует о военном походе Ярослава в Юго-Восточную Эстонию и захвате Тартуского городища. То, что второй горизонт городища, как показали раскопки, заканчивается угольной крошкой и пеплом, подтверждает сообщение летописи о захвате Ярославом этой части Эстонии, а также предположение историков, что границей второго и третьего этапов строительства городища Тарту является 1030 г.

На третьем этапе его развития были обнов- [illegible] расширены запад- [illegible] одок этого [illegible] на гончар-

ном круге керамика, схожая своей формой и орнаментом с гончарной керамикой, которая была в обращении в Новгороде и Пскове в конце X и в XI вв. В Тарту найдены также железные наконечники стрел, схожие с наконечниками стрел, обнаруженными в слоях X—XI вв. в городах России и захоронениях русских воинов. К славянскому типу относятся также пряслица из розового сланца южно-русского происхождения, фрагменты замков так называемого киевского типа с железными ключами к ним, костяная подвеска в виде креста с выцарапанными на ней буквами и др.

Псковская летопись сообщает, что в Тарту был не только основанный Ярославом град, но и «хоромы», т. е. вместительные жилые постройки. Поэтому в эстонской советской историографии установилось мнение (Х. Моора и др.), что в связи с укреплением власти русского князя в Тарту поселились княжеские дружинники, сборщики податей, а также русские купцы, ремесленники и другой служилый люд. Им могли принадлежать упомянутые в летописи «хоромы». Остатки таких зданий не обнаружены при раскопках. Однако близость материальной культуры третьего этапа строительства городища Тарту к славянскому типу говорит о том, что это городище могло быть центром проживания русских и русской культуры в Юго-Восточной Эстонии.

Часто встречающееся в русских летописях слово «град», употребленное и в сообщении 1030 г. о Тарту, не означает еще обязательно «город». Это мог быть и город, и городище или просто укрепленное торговое место. Нет оснований предполагать наличие города в Эстонии, где к началу XI в. не было ни классового общества, ни государства, ни обособленного ремесла городского типа. Ремесла, поднявшегося выше

деревенского уровня, Тарту еще не знал. Археологические находки на месте городища свидетельствуют, что ремесленное производство, будь то обработка деревянных изделий, кузнечное или ювелирное дело, здесь не достигло технического уровня, характерного для городов России (соседних Пскова и Новгорода), а также раннефеодальных центров (Бирка, Сигтуна, Хайтхабу и др.) в Скандинавии XI—XII вв.

Третья очередь застройки городища Тарту тоже, вероятно, была уничтожена огнем пожарищ. Это событие связывают с известием в Псковской летописи. Киевский князь Изяслав Ярославич пошел в 1054 г. походом «на сосолы» и обложил их данью («сосолами» в летописях именовались какие-то представители эстонских племен, возможно, сакаласцы или сааремасцы). В 1061 г. «сосолы» изгнали сборщиков дани, завоевали села в окрестностях Юрьева, сожгли град, хоромы и, как сообщает летописец, «много зла сотворище, и до Пскова доидоша воююще».

Четвертая очередь строительства Тарту — последняя перед завоеванием его немецкими феодалами. Когда городище было отстроено заново после событий 1061 г., установить не удалось. Быть может, его строили поэтапно, постоянно укрепляя оборонные сооружения. В Новгородской Первой летописи XII в. Тарту упоминается дважды. В 1134 г. 9 февраля новгородский князь Всеволод Мстиславич захватил Тарту, это же сделал зимой 1191 г. новгородский князь Ярослав Всеволодович. Затем Ярослав завоевал и Отепя. О сожжении Тарту упоминаний нет. Эти краткие сообщения отмечают, по всей вероятности, военные походы, а не овладение территориями на длительный период. К началу нашествия немцев русской власти не было ни в Тарту, ни в Отепя.

Археологические находки этого этапа строительства малочисленны: городище эстов было основательно разрушено при сооружении на его месте епископского каменного замка. И все же при раскопках были обнаружены остатки хозяйственной постройки и много осколков гончарной керамики XII—XIII вв., бронзовые украшения, различные предметы быта, две ручные мельницы, большое количество сгоревшего хлеба (рожь, ячмень, пшеница). Вдоль остатков сгоревших защитных сооружений на западном валу зафиксированы груды булыжников, которые, видимо, запасали для метания с крыши ограды, а также остатки камнеметательного устройства. На плато городища найдено множество железных наконечников стрел. Это вещественные свидетельства освободительной борьбы древних эстов. После завоевания немецкими крестоносцами во второй четверти XIII в. вся территория Эстонии стала частью Ливонии, в состав которой входило пять феодальных государств, в том числе Дерптское (Тартуское) епископство.

Тарту как город впервые упоминается лишь в связи с событиями 1262 г. Александр Невский, заключив военный союз с литовцами против рыцарей Ливонского ордена, направил в поход под Тарту своего сына — князя Дмитрия во главе новгородских войск. Новгородская летопись отмечает, что хотя град Тарту был сильно, «в три стены», укреплен, он все-таки был взят приступом. Не вполне ясно, идет ли в сообщении речь о городе или о крепости. В «Старшей ливонской рифмованной хронике» сообщается, что «Тарбату был взят и тут же сожжен. Замок стоял рядом: кто там укрылся — остался жив».

Предполагается, что в 1262 г. у подножья крепости Тарту располагался защищенный «стеной» — тройным частоколом — город, которым русские овладели и потом его сожгли (замкнутая крепостная стена в Тарту была сооружена только после событий 1262 г.).

Металлическая бляшка

Большие пожары, вспыхнувшие в 1329 и 1335 гг., не смогли затормозить развитие города Тарту, который формировался как торговый, военный, административный и церковный центр, отличавшийся удобным месторасположением.

В XII в. торговля на Балтийском море перешла в руки купцов северонемецких городов. Стали образовываться отдельные группы городов, которые приобретали торговые привилегии в других странах, основывали там конторы (дворы). Наряду с купеческими товариществами создаются союзы городов. Постоянные союзнические отношения устанавливаются между городами Северной Германии (Любек, Висмар, Росток и др.). Так постепенно образовывается Ганза — торговый и политический союз северонемецких городов.

Ливонские города, занимавшиеся торговлей с Русью, поддерживали тесные контакты с ганзейскими городами. Тарту вступил в Ганзу, по всей вероятности, в 80-е годы XIII в., так как с того времени в нее входили Рига и Таллин.

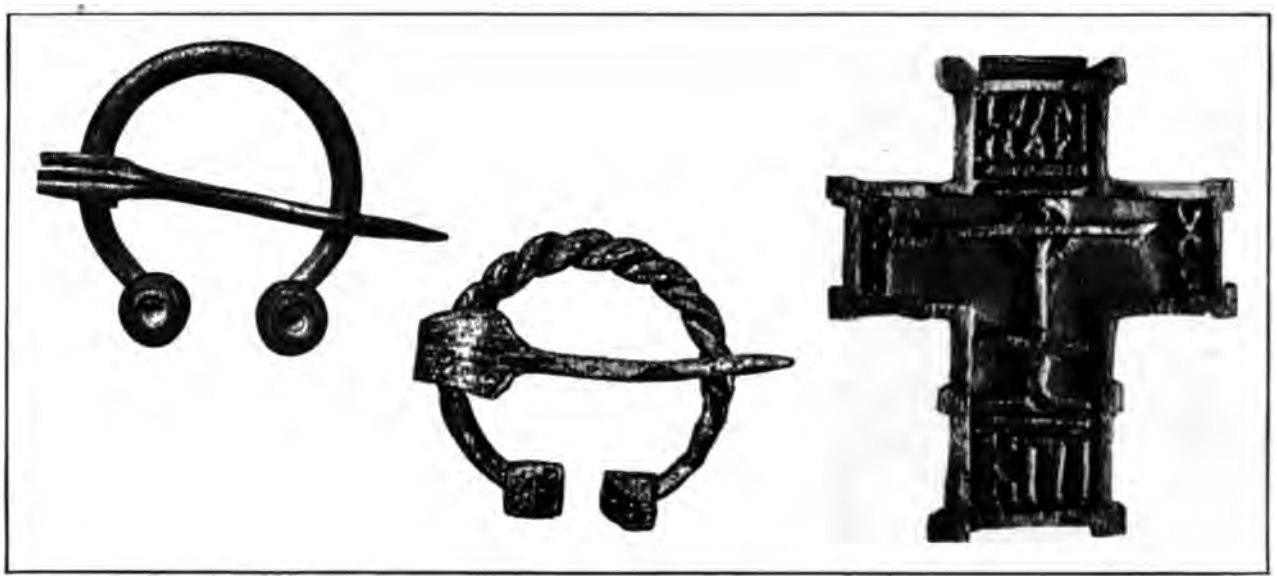
Города Ливонии с самого начала стремились занять ведущее положение в торговле с Русью. К концу XIII в. роль Тарту в русской торговле значительно возрастает.

Русские купцы прибывали в Тарту весной на ладьях или зимой по льду Чудского озера. Договором 1392 г. русским купцам предоставлялось право свободно и беспрепятственно торговать во всем Тартуском епископстве и его городах. В договоре 1474 г. были определены права русской слободы в Тарту.

епископом (1514—1525 гг.) и архиепископом рижским (1524—1527 гг.). Этот властный, с абсолютистскими замашками правитель всячески покушался на привилегии города, несмотря на то что сам подтвердил их, став во главе тартуской епархии. Политическая борьба сливалась с борьбой против католической церкви. Движение реформации приобрело в Тарту с его сложной внутренней политикой особенно острые формы. Раздор между Тарту и епископом завершился лишь со смертью Бланкенфельда (в 1527 г.). Новым епископом был избран тартуский гражданин Иоханн Бей (1528—1543 гг.), который удовлетворился компромиссом в церковных делах и подтвердил все прежние привилегии города. При этом, хотя и сохранилась власть епископа, в

Две фибулы (металлические застежки для одежды) из городища на Тоомемяги

Костяная подвеска в виде креста со славянскими буквами на ней



Вторая половина XIV в. была временем расцвета Ганзейского союза. В этот период возрастает роль Тарту и в прибалтийской торговле. А в 1442 г. ливонские города освободились из-под влияния Ганзы. В дальнейшем ганзейским городам не раз приходилось жаловаться на нередко вводимые ливонскими городами торговые запреты. Они устанавливались полностью или частично по самым различным причинам, но служили одной цели — закреплению собственных торговых позиций.

Эстонские историки в настоящее время стараются более подробно и всесторонне раскрыть роль ливонских городов в системе ганзейской торговли.

В начале XVI в. жизнь Тарту отличалась внутриполитической напряженностью. Тартуским епископом в 1518 г. стал доктор Иоганн Бланкенфельд из Берлина, который был таллинским

городе Тарту утвердилась лютеранская реформация.

Одной из ее целей было дать каждому народу богослужение на родном языке. В Тарту магистрат оставил церковь девы Марии немецкой общине, церковь Яана — эстонцам.

Тарту укрепил свою экономику, прочно удерживал в руках торговлю с Россией, но внешнеполитическое положение города все ухудшалось. Крепнущее Русское государство стремилось обеспечить себе свободное и экономически выгодное общение с Западной Европой через Ливонию. Оживление русской торговли ослабляло монопольные позиции Ганзы в ливонских городах и создавало почву для конфликтов между Ливонией, с одной стороны, и Новгородом и Псковом — с другой. Все это в первой половине XVI в. сильно углубляло политические и экономические противоречия между ливонскими и

Церковь Яана. XIV в.

Фрагмент портала церкви Яана

остальными ганзейскими городами. Тартуский магистрат правильно оценивал сложившуюся обстановку, изменения в соотношении сил. В 1531 г. было подписано перемирие на 20 лет между Русским государством и Ливонией, а в 1550 г. оно было продлено всего на один год. Сразу вслед за этим тартусцы стали запасать пушки и боеприпасы, приступили к строительству укреплений.

В 1554 г. ливонские власти заключили новое перемирие с Россией на 15 лет. Тартуский епископ принял на себя обязательство выплачивать московскому царю дань (с каждого жителя по марке). Русские купцы получили свободу торговли в Ливонии, а также право непосредственно торговать с иностранцами, им обеспечивался свободный проезд с товарами через Ливонию, спорные вопросы решались смешанным судом, в котором были представлены обе стороны. Однако в конце 1557 г. из-за неуплаченной дани возник конфликт. И 22 января 1558 г. русские войска начали военные действия против Ливонии. Религиозные распри раздирали защитников города, лютеране не доверяли католикам, подозревая их в измене. Защитников было мало — всего около 200—300 солдат. У тартуских горожан крепла мысль о мире. Князь Петр Иванович Шуйский, возглавлявший русские войска, дважды предлагал тартусцам мир и пощаду, если они сдадутся. Под давлением магистрата защитники Тарту единодушно сложили оружие.

Падение Тарту вызвало сильную реакцию в Ливонии. Тартуские власти обвинялись в предательстве. Совершенно очевидно, что среди тартуских горожан были сильны симпатии к русским. Ведь торговля с Россией была основой благополучия Тарту.

* *

Небольшой город Тарту играл значительную роль в торговой политике России и Ганзы, был центром культуры и науки в Эстонии. В 1632 г.

Одна из терракотовых фигурок, украшавших церковь Яана

в Тарту было открыто первое высшее учебное заведение в Эстонии — Академия Густавиана, предшественник всемирно известного Тартуского государственного университета. Но изучать историю Тарту очень сложно, так как сохранилось крайне мало архивных материалов, которые помогли бы раскрыть детальную картину эволюции города.

Средневековый архив Тартуского магистрата разделял тяжелую судьбу города в течение столетий. Древнейшая часть архива, по-видимому, полностью погибла во время громадного пожара в XIV в. Собственно средневековый архив города Тарту погиб (был разрознен, а часть его вывезена в Россию во время Ливонской войны) в войнах второй половины XVI в. Удивительным образом сохранились протоколы Тартуского магистрата за 1547 и 1550—1555 гг., составляющие ныне один том в фонде Тартуского магистрата в Центральном государственном историческом архиве Эстонской ССР.

Кроме названных выше протоколов, в этом же фонде сохранились лишь некоторые грамоты или их копии, относящиеся к периоду с начала XVI в. до Ливонской войны. Более полная сохранность магистратского архива относится только к так называемому польскому времени (с конца XVI до середины XVII вв. Южная Эстония находилась под властью Речи Посполитой), начиная с 1583 г. — лишь с некоторыми перерывами представлена серия магистратских протоколов, сохранились некоторые источники городского счетоведения, материалы церквей, довольно большое число грамот.

Кроме этого, найдены средневековые источники тартуского происхождения и в других архивах. В Таллинском Центральном государственном архиве, например, Ю. Ю. Кивимяэ удалось обнаружить счетную книгу крупного тартуского купца Ханса Хонерегера (в ней содержатся записи в основном за 1554—1559 гг.). В настоящее время идет подготовка к опубликованию этого источника в составе всего купеческого архива братьев Хонерегеров.

Большое значение имеет еще один вид источников — это корреспонденция Тартуского магистрата до начала Ливонской войны. Отметим самые существенные коллекции (по адресатам) и нынешнее местонахождение их; это переписка тартуского магистрата: с таллинским магистратом (Таллинский архив, в Кобленце, ФРГ, вывезенный во время второй мировой войны немецко-фашистскими оккупантами, и Таллинский Центральный городской архив в Таллине); с любекским магистратом (Любекский внешний архив в Потсдаме); с магистром Ливонского ордена (Шведский государственный архив в Стокгольме).

Содержание этих писем довольно однообразно и сводится к описанию торгово-политических проблем, правовых и судебных вопросов (долговременных споров по передаче наследства, судебных процессов между цехами, мастерами, подмастерьями, наемными рабочими и т. п.). Письма дают возможность проследить реальную жизнь горожан Тарту того времени.

В период образования феодального города Тарту складывалось и его административное устройство. Основой тартуского городского управления в XV—XVI вв. было рижское городское право, как и в других городах южной части Эстонии (на севере Эстонии было любекское право). Можно предположить, что Тарту начал им руководствоваться примерно в середине XIII в. Нет сомнения, что тогда и был создан магистрат. В некоторых городах он состоял из двух частей или составов (действующего и старого магистрата), которые управляли городом поочередно, каждый по году.

Существовала ли в Тарту перемежающаяся власть действующего и старого магистрата, неизвестно. Во всяком случае в середине XVI в. состав магистрата был постоянным. Он ведал управлением города, руководил внутренней и внешней

Развалины тартуского Домского собора

политикой, издавал различного рода указы, утверждал уставы гильдий и цехов, предоставлял право гражданства, от имени города заключал договоры с иностранными властями. Одной из главных функций магистрата было правосудие; ему принадлежала и полицейская власть.

Город Тарту никогда не был совершенно самостоятельным, он так и не смог полностью освободиться от опеки феодального епископского государства. Буржуазные историки в своих работах делали основной акцент на анализе отдельных политических событий, конфликтов между епископом и городским магистратом и оставляли без внимания жизнь простого народа, общественно-экономическую жизнь города, которая и является основным объектом исследований советских историков. Они достигли определенных успехов в изучении финансового дела, доходов и расходов города.

Буржуазные исследователи не сделали реальных расчетов численности населения средневекового города Тарту. Советский эстонский ученый Р. Кенкмаа высказал предположение, что в первой половине XV в. в Тарту могло быть 5—6 тыс. жителей. Единственной отправной точкой, которая может в известной степени учитываться при оценке населения города, является размер городской территории, если при этом использовать средние данные о плотности заселения других ганзейских городов. Площадь тартуского нижнего города в пределах городской стены оценивается в 20,7 га, Тоомемяги — В городах Северной Германии, Таллине как считают, на гектар приходилось об среднем 150—200 человек. Так что есть ос считать, что оценка Р. Кенкмаа недалека ны. О социальной структуре населени совых противоречиях не сохранилось

Национальный состав населения Тарту — весьма интересный вопрос. Однако каких-либо заслуживающих внимания источников, освещающих его, также не сохранилось, кроме некоторых записей в протокольной книге магистрата, сделанных в 1554 г. Советским эстонским ученым доктором исторических наук Э. Тарвелем на основании этих записей впервые дан анализ национального состава населения средневекового Тарту.

Поздней осенью 1554 г. тартуское гражданство получило довольно много ремесленников — 118 мужчин. Об их национальности можно судить по конкретным пометкам («немец» или «ненемец»), а также по именам. По меньшей мере две трети из них (80 человек) — эстонцы. Вероятно, удельный вес эстонцев был намного больше, чем в Таллине.

В Тарту жили и русские, удельный вес которых определить невозможно даже приблизительно. Район улицы И. Мичурина (бывшей улицы Лай) вблизи существовавших тогда Русских ворот называли Русским концом. Там останавливались русские купцы. За рекой располагалась русская слобода с русским торговым двором, русскими ремесленниками, мелкими торговцами.

Основой экономической жизни Тарту в XVI в. была транзитная торговля. Изучение средневекового Тарту как одного из центров международной торговли может дать важные сведения об экономических, политических и культурных контактах с другими странами Запада и Востока. Сохранившиеся источники допускают лишь поверхностный обзор номенклатуры тартуской торговли. Магистрат контролировал торговлю внутри и вне города. В тартуской торговле, как уже говорилось, важное место занимали русские купцы.

О ремеслах в Тарту тоже крайне мало известно. В протоколах 1547—1555 гг. упоминаются четыре цеха ремесленников: портные, сапожники, стекольщики, столяры и плотники. Кроме того, называются еще представители некоторых отраслей ремесла, что позволяет предположить наличие каких-то объединений по профессиональному признаку. Это выбраковщики льна, пекари, пивовары, каменщики, ткачи, мясники, которых в 1554 г. в городе насчитывалось немало.

Можно допустить и объединение кузнецов в

Остатки средневековой городской стены

Старая часть города Тарту. Главное здание университета

самостоятельный цех, о чем свидетельствуют некоторые обстоятельства. В 1550 г. одна из улиц в Тарту называлась Кузнечной. В протоколах магистрата неоднократно фигурируют исполнители кузнечных работ: два кузнеца, четыре слесаря, два сабельщика. Да и других металлообработчиков было довольно много: упоминаются трое серебряных, пятеро золотых дел мастеров.

В книге протоколов фигурируют представители примерно 30 ремесел. Однако в каждом отдельном случае трудно установить, идет ли речь о прозвище или о профессии. Один из золотых дел мастеров носил имя Андреас Тиммерманн, т. е. плотник. Это показывает, насколько внимательно следует относиться к именам собственным, встречающимся в источниках, при попытках определить профессии.

Повторим: архивных материалов сохранилось очень мало. То, что все же удалось выяснить, приобретает в связи с этим особую ценность. Изучение конкретных деталей, отдельных факторов помогло создать целостную картину социально-экономического и культурного развития феодального Тарту.

* * *

Изучение летописных, архивных и археологических источников позволило эстонским ученым получить представление об облике города, о быте его населения, об образовании и культуре.

Город и Тоомемяги были обнесены сложенной из валунов и кирпичей стеной протяженностью примерно в 2 км. Сейчас от нее сохранились лишь небольшие фрагменты. Городские укрепления пострадали во время Северной войны (1700—1721 гг.), а после пожара 1762 г. стена была разобрана на строительный материал. Она имела семь ворот (Тоомеские, Якобские, Русские, Мунгаские, Кюйтриские, Карьяские, Рижские), подходы к которым охраняли 17—20 башен. Представление о городских укреплениях дают планы города XVII в. и описания города и замка, сделанные в 1590 и 1616 гг. Но это представление, как указывает профессор В. Вага, неполное, потому что описания системы укреплений содержат местами противоречивые данные о количестве башен и ворот.

Центр средневекового Тарту и Тоомемяги застраивались преимущественно каменными домами. Окраины были деревянными.

В центре города и на Тоомемяги было семь католических церквей: собор Петра и Павла, церкви девы Марии, Яана, Якоба, Святого духа и др. Домский кафедральный собор, развалины которого сохранились, ведет начало примерно с конца XIII в. Первоначально на месте Домского собора могла быть деревянная церковь. Облик

собора XIV в. (трехнефная базилика, нефы которых возносятся на восьмигранных пилонах) сохранился до наших дней. В XV в. построили новые просторные хоры типа часовни и две башни на западном фасаде. Тартуский Домский собор был единственной двубашенной церковью в Ливонии. Со второй половины XVI в. она начала разрушаться, верхние части башен снесли в 70-х годах XVIII в.

С XIII в., очевидно, началось сооружение церквей Яана и девы Марии. Церковь девы Марии — трехнефная базилика — находилась на месте нынешнего главного здания университета, от нее ничего не осталось. Сооружение ее относится, вероятно, к первой половине XIV в.

Церковь Яана — также трехнефная базилика — была построена в первой трети XIV в. Снаружи и изнутри она богато отделана терракотовой лепкой. Наиболее интересны 15 фигур (по мотивам Страшного суда), расположенные в нишах над порталом, на фасаде и гранях башни. Эта церковь сильно пострадала во время второй мировой войны.

Об истории возникновения других церквей нет четких данных.

Не раз дискутировался в исторической литературе вопрос: сколько русских церквей было в Тарту — две или одна? Советскими эстонскими историками найден ответ: в протоколе магистрата от 17 апреля 1555 г. говорится о том, что православных церквей было две: Никольская и Юрьевская. Эти церкви служили своеобразным центром местного русского купечества и использовались, очевидно, не только для богослужения. Здесь заключались торговые сделки, хранились товары и т. д.

В юго-восточной части Тоомемяги находился епископский замок, который отделялся рвом от предзамковых укреплений. Через ров был выстроен каменный мост. Небольшие ворота в стене вели во двор замка. На Тоомемяги размещались еще дома и сады домских каноников. Рыночную площадь нижнего города окружали важнейшие общественные здания: ратуша, важня (где производилось взвешивание и выбраковка товаров), аптека и др.

Об образовании в Тарту того периода известно немногое. Мы знаем, что в XVI в. в Тарту было не менее пяти школ: латинская, домская, какая-то вспомогательная, какая-то городская («детская»), школа для девочек.

Латинская школа представляла собой учебное заведение высшего типа с гимназией и философским факультетом для подготовки клириков (церковников). В исторических источниках она упоминается в 1527 (вскоре после основания), 1550 и 1553 гг. Школа находилась вблизи нынешнего университета. О вспомогательной школе в протоколах 1553 г. говорилось, что магистрат разрешил Кристофферу Кропусу продолжать содержать школу, обучать 14-летних и старшего возраста детей. В протоколах 1554 г. есть запись о том, что магистрат поручил двум ратманам привести так называемую детскую школу в порядок, в том же году планировалось и учреждение школы для девочек, о чем ходатайствовали гильдии. Эту школу открыли в 1555 г. при Екатерининском монастыре.

Домская школа была старейшей из всех. Между католической домской школой и протестантской латинской была открытая вражда. Временами она доходила до вооруженных стычек. Создание домской школы должно относиться к XIV или самому началу XV в., потому что в зарубежных университетах, где (по источникам) жители Ливонии встречаются с 1268 г., тартусцы появляются в конце второй трети XIV в.

Средневековый Тарту развивался, подчиняясь общим историческим закономерностям. Однако у него были и свои специфические черты, о которых говорилось выше. Его ранняя история представляет интерес с точки зрения генезиса феодального города в Прибалтике. Не исключено, что именно в Тарту будущие археологические раскопки предоставят возможность конкретно ответить на вопрос о существовании в этом регионе городских центров до XIII в. Становление современного Тарту как культурного центра, университетского города повышает внимание советской общественности в его истории.

Тарту представляет широкое поле деятельности для археологов и историков, изучающих средневековый город. В дальнейшем, кроме детализации полученных при раскопках материалов, важен и более широкий охват, т. е. вовлечение в исследование новых территорий в границах города, которые помогут решить узловые вопросы в области ранней истории города Тарту. Предстоит подробнее изучить экономические связи феодального Тарту с окружающими его феодальными землями, городские финансы и финансовую политику, взаимоотношения с русскими и западноевропейскими городами и т. д.

СТО ЛЕТ НАЗАД

США. Недавно на асбестовой фабрике в Бостоне исполнен занавес по заказу Вашингтонского театра. Занавес этот состоит из тонкой проволочной сетки, обтянутой с обеих сторон асбестовой тканью. На опытах убедительно доказано все преимущество асбестовой ткани в пожарном отношении. По одну сторону занавеса зажгли большую кучу дров, и, когда дрова разгорелись, присутствующие должны были отойти от занавеса по меньшей мере на 50 шагов, так невыносим был жар от пылающего костра; между тем ни огонь, ни беспрестанно падавшие на занавес искры не причинили последнему никакого вреда, и даже от дыма не осталось на нем ни малейшего следа, так что не было никакой надобности в исправлении занавеса

«Техник»

Виктор Иванович САРИАНИДИ (р. 1929) — археолог, доктор исторических наук. Родился в Ташкенте. В 1952 окончил исторический факультет Среднеазиатского государственного университета по кафедре археологии. В 1963 защитил кандидатскую диссертацию на тему «Юго-Восточная Туркмения в эпоху энеолита».

В 1952—1954 работал в Историческом музее в Самарканде. С 1959 и до настоящего времени работает в Институте археологии АН СССР сначала в должности лаборанта, затем младшего научного сотрудника, а с 1968 — старшего научного сотрудника.

В 1976 защитил докторскую диссертацию на тему «Афганистан в эпоху бронзы и раннего железа».

С 1948 В. И. Сарианиди — участник многих археологических экспедиций в Средней Азии; с 1969 по 1979 ежегодно принимал участие в археологических работах в Афганистане; в 1978—1979 руководил раскопками Золотого Холма на территории Афганистана.

В 1980 избран почетным членом Антропологического общества Греции.

В. И. Сарианиди — автор около 100 опубликов работ. Основные из них — «Памятники поздне энеолита Юго-Восточной Туркмении», «Древн ледельцы Афганистана», «Тайны исчезнувшег искусства Каракумов», «Раскопки Тилля-тепе в верном Афганистане», «Среднеазиатская терра та эпохи бронзы» (в соавторстве).

ВИКТОР ИВАНОВИЧ САРИАНИДИ

Сокровища Золотого Холма

Раскинувшись по обоим берегам Амударьи и занимая с одной стороны южные области Советской Средней Азии, а с другой — Северного Афганистана, легендарная Бактрия до последнего времени оставалась интригующей загадкой исторической науки. Так продолжалось вплоть до 1969 г., когда здесь впервые начала свои полевые исследования советско-афганская археологическая экспедиция.

Уже в первый год работ экспедиция обнаружила здесь невзрачный на первый взгляд холм, расположенный около города Шибарган. Не звучное его название — Тилля-тепе, т. е. Золотой Холм, а загадочная керамика, найденная на поверхности холма, побудила археологов предпринять сначала пробные, а затем и более широкие раскопки, которые привели к открытию монументальной архитектуры рубежа II—I тысячелетий до нашей эры.

В 1978 г. археологи были вознаграждены за свой упорный труд поистине царским подарком — открытием семи царских могил. Судя по найденным в могилах монетам, некрополь относится к тому времени, когда жизнь на поселении Тилля-тепе уже давно прекратилась, и лишь безлюдные руины напоминали о его былом величии. Удалось установить, что примерно через пять веков, после того как Тилля-тепе был заброшен, рядом с ним возник античный город под современным названием Емши-тепе, правители которого и выбрали руины Тилля-тепе для своего некрополя. Совершенно очевидно, что античные погребения не имеют никакого отношения к самому Тилля-тепе, так как некрополем мог быть любой холм из тех, что до сих пор разбросаны вокруг величественных руин древнего города Емши-тепе. На это же указывает тот факт, что все могилы расположены исключительно на той части холма Тилля-тепе, которая обращена в сторону Емши-тепе, так что здравствующие родственники, не выходя из дворца всегда могли следить за сохранностью родового кладбища. Более того, удивительно простые по устройству, как бы наспех вырытые могильные ямы резко контрастируют с величайшим богатством находящихся в них золотых изделий, что наводит на мысль о тайных захоронениях. Видимо, античные правители Емши-тепе предвидели возможность ограбления царских могил в будущем, поэтому захоронения совершались, надо полагать, ночью, когда в руинах Тилля-тепе за считанные часы вырывалась простая прямоугольной формы могила, стены которой даже не обмазывались глиной, не говоря уже о каких-либо намогильных сооружениях.

В могилу глубиной не более 2 м опускали деревянный гроб на невысоких ножках; крышка отсутствовала, вместо нее на гроб набрасывали покрывало с нашитыми на него золотыми и серебряными дисками. Покойник внутри гроба лежал на спине в вытянутом положении. После того как гроб был опущен в могильную яму, сверху ее перекрывали досками или плахами, обтягивали кожей или циновками, а потом засыпали землей. Таким образом, могила сначала была пустотелая, и лишь по прошествии какого-то времени кровля обрушивалась и засыпала землей сам гроб. Все захоронения, за исключением одного, располагаются у подножья Тилля-тепе, к которому вплотную подступают современные хлопковые поля, в результате чего кости скелетов оказались в очень плохой сохранности, что затруднило их антропологическое изучение.

Ошеломляющая картина открылась перед глазами археологов, когда они вскрыли первую из семи обнаруженных могил. Под золотыми украшениями не были видны кости умерших, скелеты буквально утопали под желтыми, искрящимися на солнце золотыми украшениями. Множество золотых пуговичек, бляшек, колокольчиков, дисков, подвесок, бусинок, нередко украшенных бирюзовыми, лазуритовыми и гранатовыми вставками, были нашиты на погребальные одеяния.

Нетрудно представить себе, как тысячи нашивных бляшек, звеня и сверкая на солнце,

Общий вид раскопок Тилля-тепе

Общий вид погребения № 6

озаряли владельцев этих парадных одеяний, когда они восседали на царских тронах! А о том, что в могилах были погребены представители царских династий, с уверенностью можно судить по золотым коронам, надетым на головы умерших.

Самая первая из раскопанных могил оказалась наиболее «бедной» по сравнению с последующими. Хотя среди погребальных украшений было обнаружено около 2500 золотых предметов, почти все они представляют собой мелкие бляшки, некогда нашитые на погребальные одежды. Исключение составляют семь однотипных золотых пластин, изготовленных в виде человека с дельфином на плечах.

Зато во втором погребении наряду с такими же простыми нашивными бляшками были найдены уже подлинно художественные изделия. Нижняя челюсть черепа «от уха до уха» оказалась подхвачена широкой золотой лентой, украшенной по краю золотыми же цветочками. Волосы покойного с боков были заколоты головными булавками, золотые фигурные навершия которых украшены нанизанным на них жемчугом.

Но, пожалуй, самой неожиданной находкой была пара золотых подвесок у висков покойного, каких еще не знал мир. Двусторонние, отлитые в сложной технике, они сохранили одинаковые изображения: государь, борющийся со стоящими по его бокам драконами. Впервые после многих веков на свет взглянуло бесстрастное широкоскулое с косыми, по-рысьи поставленными глазами и прямым носом лицо. Властное, суровое лицо передает образ былого правителя, особое положение которого недвусмысленно подч ивает надетая на его голову тиара (корона).

Золотая пластина с изображением человека с дельфином на плечах

Золотые подвески «государь, борющийся с драконами» и их деталь

бенно нас восхитило пятнышко-тика, вдавленное в середине лба — бесспорное влияние Индии, где эта отметка служила показателем высокого социального положения в обществе. Из-под короны на плечи легкими косыми прядями спускаются длинные, пышные волосы, шею охватывает, по-видимому, гривна. Торс облачен в короткий, свободно запахнутый кафтан, перетянутый по талии кушаком, из-под которого широко в стороны расходятся полы кафтана. Расставленные в стороны руки упираются в рогатых, крылатых драконов с лошадиноподобными мордами, их пасти широко раскрыты. Длинное тело с неестественно вывернутыми назад ногами украшено бирюзовыми, сердоликовыми и лазуритовыми вставками. Вниз от этой композиции причудливо переплетаясь спускаются витые цепочки, образующие сетку, украшенную фигурными бляшками, инкрустированными кроваво-красными гранатами, голубыми бирюзинками и синими лазуритами.

Образ государя-драконоборца, достаточно популярный в греко-римском античном мире, получил на бактрийской почве свою местную перера-

Перстень с изображением богини Афины и надписью «Афина»

Золотая статуэтка богини с эротом

ботку, что нашло свое отражение и в индийском влиянии, и в общей иконографической позе вывернутых назад ног, что бесспорно связано с искусством «сибирского звериного стиля». Мы легко можем представить себе, как гордо восседал при жизни на троне правитель, властное лицо которого венчала высокая, расцвеченная золотыми дисками тиара, с которой по обе стороны лица спускались эти подвески. Свободно прикрепленные к тиаре, даже при слабом повороте головы, они тяжело покачиваясь, мерцали литым золотом и яркими самоцветами, подчеркивая превосходство владетеля над всеми остальными людьми.

Пальцы умершего были унизаны золотыми перстнями с вставками, на которых изображена богиня Афина, причем на одном из них сохранилась надпись греческими буквами «Афина», но в обратном зеркальном изображении, что характерно только для печаток, которыми делались личные оттиски.

В еще большей степени о соединении греческих и восточных культурных традиций свидетельствует золотая статуэтка крылатой богини с широкоскулым лицом, передающим этнический тип, напоминающий общий облик вышеупомянутого государя на подвесках. На голове сохранился сложной формы головной убор в виде тюрбана, из-под которого длинными прямыми прядями спускаются волосы.

Торс по-восточному перетянут перекрещивающимися ремнями, между которыми выступают небольшие груди; неестественно большой округлый живот сохранил в центре вдавленный пупок. Обе руки опущены вниз, причем в левой зажат какой-то плод, по-видимому, гранат. Нижняя часть тела задрапирована ниспадающими одеждами, перехваченными по линии бедер толстым витым жгутом. У левого плеча помещена миниатюрная фигурка крылатого эрота с луком в руке, причем еще намеченное широкое лицо его во многом сходно с лицом богини, так что мастер, возможно, и невольно, но придал своему произведению черты тех живых соплеменниц, которые окружали его в реальной жизни.

Так или иначе, но фигурка эрота не оставляет сомнения, что перед нами греческая богиня любви — Афродита, вернее, ее бактрийский вариант. Это нашло свое отражение в несоразмерно

Золотая застежка в виде эрота, сидящего на дельфине

Золотой браслет с изображением антилоп и его деталь

короткой, приземистой фигуре и в ориентальных чертах лица.

Не менее пышно украшены и сами погребальные одеяния умершего. Короткая, до бедер, рубаха расшита на груди золотыми инкрустированными бирюзой дисками, образующими три широкие ленты, идущие от воротника к подолу. Под горлом она застегнута двумя однотипными золотыми пряжками в виде крылатых эротов, сидящих верхом на дельфине. Широкие манжеты рукавов богато расшиты в несколько рядов золотыми бляшками; среди них выделяются головки баранов с глазами, влажно мерцающими сердоликовыми зрачками, а лепестки-уши и закрученные назад рожки инкрустированы бирюзовыми вставками.

Под манжетами на запястьях рук мы обнаружили массивные золотые браслеты, несомкнутые концы которых отлиты в виде скульптурных фигур антилоп. Мастер-ювелир показал животных в «летящем галопе»: смело выброшенные передние ноги, легко изогнутое тело, закинутые назад ноги с хвостиком. Губастая, мягко моделированная голова с преувеличенно большими глазами и изогнутыми рогами дополняет общий образ этого гордого животного. Тела антилоп

богато инкрустированы бирюзовыми вставками, но особенное восхищение вызывает инкрустация глаз, в уголки которых вставлены почти микроскопические бирюзовые кусочки, изображающие белки, в то время как зрачки сделаны в виде сердоликовых бусинок. Стертость на поверхности браслетов не оставляет сомнений в том, что умерший носил их при жизни, когда они тяжело скользили от запястья к локтю при каждом жесте. На щиколотках ног также были надеты массивные золотые браслеты весом до полукилограмма.

Раскопки Тилля-тепе продвигались своим чередом, пока не достигли наивысшей точки холма, где мы неожиданно обнаружили очередное, третье, погребение. Уже с самого начала нас насторожил тот факт, что чуть в стороне от основного погребения мы наткнулись на кучку мелких золотых украшений, которые могли быть перемещены сюда скорее всего грызунами. Как оказалось, еще в древности, когда могильная яма была пустотелой, здесь обосновалась колония мышей, безнадежно разрушившая все погребение. Позднее на дне могилы нам удалось найти входы в три мышиные норы и, опустившись по ним на глубину до 3 м, извлечь оттуда еще около тысячи мелких золотых изделий. А пока безрадостная картина сплошного хаоса и разрушения предстала перед нами. От былого скелета на месте сохранились лишь теменная часть черепа, разрозненные тазовые кости и стопы ног. Голову покойного украшала золотая корона, а шею — ожерелье, составленное из крупных золотых шариков, покрытых мелкой зернью. Возможно, в ушах висели массивные золотые клипсы, растащенные мышами.

Но главное украшение составляли три золотые застежки, располагавшиеся под шеей и свидетельствующие по крайней мере о трех слоях погребенных одежд. Самая нижняя представляет собой две одинаковые золотые половинки, отлитые в виде амуров, сидящих верхом на рыбах. На головах у рыб сохранились пышные султаны, инкрустированные крупными выпуклыми бирюзовыми вставками; бирюза и лазурит использовались для передачи рыбьей чешуи, плавников и хвостов. Во рту у одной рыбы зажат крючок, у другой — петля, при помощи которых обе половинки застегивали рубаху у горла.

Сидящие верхом на рыбах эроты одной рукой держатся за рыбьи султаны, вторая рука поднята вверх. Их жирные лица с обвислыми щеками и чувственно припухлыми губами далеки от античных образов резвящихся среди морских волн амуров, этих признанных символов любви греко-римского искусства, хотя бесспорно, что местные мастера копировали известный сюжет.

Зато лежащие выше крупные застежки, которыми закалывался длинный халат, представляют собой изделия, подобных которым еще не было найдено ни одним археологом. Застежки состоят

Золотое ожерелье

Золотой сосуд

из двух золотых прямоугольных пластин, отлитых в сложной прорезной технике, в высоком рельефе. На обеих половинках помещены однотипные изображения воинов в полном боевом облачении. Передан легкий, почти профильный поворот головы эллина с прямым носом, четко очерченными глазами под разлетающимися бровями, припухлый капризный рот и волевой подбородок. Голова увенчана сверху шлемом с закрученным султаном и двумя торчащими вверх рожками. Из-под шлема на плечи длинными прядями ниспадают вьющиеся волосы. На плечи накинут плащ, который мягкими складками опускается до самой земли. В одной руке воина зажато длинное копье, в другой — круглый щит; сбоку к портупее подвешен меч с рукоятью в виде

Золотая пластина «дракон, терзающий лошадь»

Камея. Деталь

Пектораль с камеей

орлиной головы. Из-под короткой, но широко расходящейся юбки выступают расставленные ноги в сандалиях с ремнями до колен. Фигуры заключены в рамки из стилизованных растений, причем в верхних углах расположены птицы, возможно, орлы, держащие в клювах развевающиеся ленты, в то время как в нижних углах — миниатюрные крылатые драконы со зло оскаленными мордами.

Скорее всего, на застежках изображен бог войны Арес, однако длинные струящиеся по плечам волосы и в особенности рога на шлеме могут намекать на образ Александра Македонского, за которым на Востоке прочно сохранилось прозвание — Александр Двурогий. Но при всех возможных предположениях нет сомнений в одном, что застежки были изготовлены в Бактрии, о чем красноречиво свидетельствуют изображения драконов, неизвестных в греко-римском искусстве.

Найдены также четыре круглых золотых нагрудных медальона (возможно, они были нашиты на плащ умершего, надетый поверх халата) с однотипными человеческими фигурами. В высоком рельефе изображены головки с длин-

Кинжал с золотой ручкой и золотыми ножнами

ными волосами, спускающимися на плечи. Округлые лица с торжествующе-самодовольной улыбкой скорее всего передают образ одного из божеств греческого пантеона.

Трудно перечислить все изобилие золотых изделий этого захоронения, но еще об одной находке все же стоит упомянуть.

Как оказалось, к обуви покойного были аккуратно пришиты золотые подошвы в натуральную величину, что не только лишний раз подчеркивает царственное величие умершего, но и указывает на особый характер похоронных обрядов. Впервые мы встречаемся с подобным примером, показывающим, что потусторонний мир рисовался бактрийцам продолжением реального, куда особы царственного рода должны были вступить в золотой обуви, чтобы подчеркнуть перед непосвященными свой высокий социальный статус.

Когда шли раскопки первого и второго погребений, было ясно, что они относятся к античному периоду, но следовало точнее их датировать. Это был самый трудный вопрос. Ответ был найден при раскопках третьей могилы, где обнаружены две монеты — римская и парфянская, что сразу же позволило определить время захоронений — I в. до н. э. — I в. н. э., т. е. на рубеже нашей эры.

Казалось, после того изобилия царской роскоши, которое мы обнаружили в третьем погребении, уже ничто не могло удивить нас. Но четвертое захоронение как количеством, так и особенно высокой художественной ценностью находок затмило все, что было нам известно до него.

Почти двухметрового роста мужчина был облачен в богатые парадные одеяния, сплошь расшитые золотом. Под его голову положена специальная золотая миска, на бортике которой сохранилась греческая надпись. В изголовье гроба стояло походное кресло, лук и два колчана, набитые стрелами; наверху могилы лежал череп любимого коня усопшего. Шею охватывала

Навершие ручки кинжала с изображением медвежонка

витая золотая цепь, в центре которой вставлена камея с выгравированным погрудным изображением человека: высокомерное лицо с прямым носом, широко раскрытыми глазами и капризно изогнутыми губами перекликается с портретными изображениями греко-бактрийских царей. Не исключено, что эта камея действительно была изготовлена греко-бактрийскими резчиками и позднее оказалась использованной для нагрудного украшения.

На торс умершего была брошена конская уздечка, разукрашенная полукруглыми золотыми бляшками, с рельефными изображениями то спокойно отдыхающего грифона, положившего голову себе на спину, то диких зверей, свернувшихся клубком и кусающих собственную лапу или хвост.

Вообще зооморфные мотивы часто встречаются в украшениях этого погребения. Мы видим здесь золотую бляшку, на которой в высоком рельефе изображена лежащая на земле антилопа с поникшей головой, в ее круп вонзила свои хищные зубы изогнувшаяся по-кошачьи пантера. На другой золотой пластинке показана лежащая лошадь с косматой гривой и обреченно повернутой назад в паническом ужасе головой. Два разъяренных крылатых дракона с вытаращенными глазами и кровожадно оскаленными зубастыми пастями вцепились в шею и круп поверженного животного. Эти сцены, полные драматизма, при-

Детали браслета и золотых ножен кинжала

званы были возвеличить мощь и непобедимость их владельца.

Справа от умершего находился железный кинжал, вставленный в золотые ножны, с изображением вереницы реальных и фантастических животных, богато инкрустированных бирюзой: каждое из них терзает впереди идущего. Эта же устрашающая сцена переходит на золотую ручку кинжала и заканчивается на округлом навершии, где неожиданно изображен медведь, мирно сосущий виноградную лозу.

Слева от усопшего находились еще одни золотые ножны, центральная часть которых украшена горельефной сценой в виде двух крылатых грифонов, один из которых вцепился зубастой пастью в ногу второго. Рогатая, оскаленная морда, мощная мускулатура напряженного тела и в особенности когтистые ноги с перекатывающимися мускулистыми желваками под натянутой кожей живо напоминают традиции персидского, а может быть, и ассирийского искусства. Вместе с тем головы муфлонов с огромными рогами возвращают нас в Бактрию, где эти гордые животные до сих пор оживляют горный пейзаж скалистых предгорий Гиндукуша.

Мотив грифонов с волчьими головами и сибирскими оленьими рогами, детализированная моделировка тела в типично переднеазиатском стиле, окаймленная цепочкой декоративной индийской свастики, — вот признаки, характеризующие новое эллинистическое искусство людей, живших и творивших в Бактрии 20 веков назад.

Богато расшитое золотыми бляшками одеяние, помимо погребальной рубахи, включает длинные кочевнические штаны, вправленные в короткие сапожки, крепившиеся двумя уникаль-

Золотая обувная пряжка «человек в колеснице»

Золотой пояс и его деталь

Золотое деревце

ными золотыми обувными пряжками, отлитыми в сложной прорезной технике. Обе они имеют вид золотого кружка, декорированного выпуклыми бирюзовыми вставками. В центре изображена колесница, над которой на двух высоких бамбуковых шестах как бы колышется грибовидной формы балдахин. Внутри колесницы восседает человек с неестественно запрокинутой вверх головой, с короткой косичкой на затылке. Лицо у него скуластое, узкоглазое, с коротким, но широким носом и резко очерченными губами. На человеке надет свободно запахнутый складчатый халат типа кимоно со стоячим воротником и широкими рукавами, из которых высовываются руки с зажатыми в них поводьями. В колесницу впряжена пара грифонов, изображенных в геральдической позе: с одной лапой, поднятой вверх. Тело их опоясано постро́мками, морды с прижатыми ушами выражают нетерпение готовящихся рвануться вперед животных.

Рядом с каждой пряжкой располагалась длинная золотая пластина, представляющая собой наконечник от ремней обуви. На одной из них выгравирована фигура мягко крадущейся пантеры с оскаленной мордой, плотно прижатыми ушами и вывернутыми в обратную сторону ногами, как это принято было изображать согласно классическим канонам «сибирского звериного стиля». На второй пластине тонкими линиями выгравирован дракон с устрашающе разинутой пастью, небольшими закрученными рожками и по-змеиному изогнутым телом, опирающимся на ноги с выпущенными когтями.

Наконец, талия погребенного была туго перетянута золотым плетеным поясом, украшенным девятью золотыми круглыми бляшками, отлитыми в высоком рельефе. На каждой бляшке изображен один и тот же композиционный сюжет: женщина, сидящая на льве верхом, с жестким, если не сказать злым, лицом; одна ее рука властно, по-хозяйски опирается на голову льва, во второй она держит двуручный сосуд. Из-под

Золотая статуэтка тура

Халцедоновая печать с изображением грифона

Золотая корона

короткой юбочки широко в стороны расставлены ноги, одетые в ременные сандалии. Перед нами хозяйка животного мира, сумевшая покорить себе царя всех зверей — льва. Скорее всего это древнеиранская богиня Кибела, владычица животных, но претерпевшая стилистические изменения в угоду эллинским вкусам, что наглядно подтверждается не восточным, а типично греческим ее одеянием.

Вообще же человека, захороненного в этой могиле, характеризует строго ограниченный, но весьма показательный набор вещей: здесь нет ничего лишнего, никаких украшений, только боевое оружие и облачение, а в качестве символа власти — цепь на шее с камеей. Правда, около головы умершего находилась золотая модель деревца и великолепная статуэтка тура, возможно, от диадемы. И, видимо, не случайно рядом с покойником мы нашли уникальную, до сих пор неизвестную нумизматам, золотую монету с индийской надписью — свидетельство далеких и успешных его походов вплоть до Индийского субконтинента.

Раскопки предыдущих захоронений бесспорно свидетельствовали о культурном влиянии кочевников евразийских степей. Однако лишь четвертое погребение позволило определить географическую зону, откуда оно исходило. Это могли быть только Южная Сибирь и Алтай, где издревле мотивы звериного стиля имели большое распространение. Стало очевидным, что погребенные в некрополе Тилля-тепе были тесно связаны с кочевой средой, а может быть, даже являлись выходцами из нее.

В пятом захоронении погребальное покрывало оказалось украшенным нашитыми на него серебряными виноградными листьями. Среди погребальных украшений выделяется удивительно красивое ожерелье, составленное из чередующихся золотых подвесок, инкрустированных гранатами и бирюзой. На ушах умершей женщины были золотые клипсы с бирюзовыми

вставками. На руке сохранился тонкий золотой раздвижной браслет с пятью различными подвесками, среди которых выделяется бирюзовая вставка овальной формы. Лицевая сторона ее украшена углубленным изображением богини Афины, левой рукой опирающейся на древко копья и в правой держащей щит. При всем схематизме исполнения обращает на себя внимание удивительно пластичная трактовка стройного юного тела богини, задрапированного в длинные мягкие одеяния. Ее горделивая поза и царственная осанка утонченно изысканны и элегантны — поистине божественную красоту запечатлел в веках гений безвестного бактрийского резчика по камню.

Полное отсутствие нашивных золотых бляшек — свидетельство сравнительно скромного положения, которое занимала умершая в обществе. Тонкие золотые ножные браслеты, зеркало да самые простые косметические принадлежности в плетеной корзиночке резко контрастируют с великолепием описанных выше погребальных украшений. Добавим лишь, что около головы находилась халцедоновая печатка, сохранившая гравированное изображение грифона с орлиной головой. Сильное львиное тело с выброшенными вперед мускулистыми когтистыми ногами и длинными крыльями заканчивается толстым загнутым на конце хвостом.

Наконец, дошла очередь до шестой могилы — тоже с погребением женщины. Голову ее венчала золотая, удивительно тонкой работы корона, составленная из пяти остроконечных пальметок, прикрепленных к широкой ленте. Каждая из пальметок вырезана в виде стилизованного дерева, на ветвях которого уютно примостились птички. И пальметки, и лента украшены золотыми цветочками, богато орнаментированными жемчугом и бирюзовыми вставками. Уже сам факт обнаружения золотой короны представляет большой научный интерес, так как у кочевников дольше всего сохранились традиции матриархата и женщины имели весьма высокий социальный статус. В данном случае принадлежность умершей к кочевникам подчеркивается еще и тем, что корона оказалась не цельной, а составной. Простейшим образом пальметки крепились к основанию — ленте, а при необходимости корона быстро разбиралась и упаковывалась в походную кладь. Это наблюдение еще раз указывает на живучесть кочевых традиций у погребенных на Тилля-тепе и в конечном счете на их далекое восточное происхождение.

Голова женщины вместе с короной покоилась в мелком серебряном сосуде типа миски. У обоих висков располагались обычные золотые головные булавки в виде многолепестковых розеток, с концов которых свободно свисают диски. Рядом с ними находились золотые клипсы, отлитые в виде крылатых эротов. Пухлые, жизнерадостные улы-

Золотые клипсы в виде эротов

Золотые пряжки со сценой «священного брака»; справа — фрагмент

бающиеся амуры очень напоминают греко-римские прототипы, исключая одну деталь — на лбу у них помещены типично восточные изображения полумесяцев.

Массивная золотая застежка от платья или плаща богато инкрустирована бирюзовыми вставками. Она состоит из двух половинок, на

СТО ЛЕТ НАЗАД

ГЕРМАНИЯ. Неутомимый доктор Шлиман, большой знаток и любитель древностей, намеревается сделать большие раскопки в местности, лежащей к северо-западу от Афин, где вблизи старой академии находилось место погребений. Если к этому прибавить, что здесь же находится могила Перикла, то понятно, что все с живейшим интересом будут ожидать результатов этих изысканий. Предприятием этим Шлиман окажет большую услугу науке. Впоследствии Шлиман намерен сделать раскопки на острове Крите, что должно много помочь в изучении этой древней культуры.

«Нива»

каждой из которых изображено фантастическое животное с львоподобной мордой и оскаленной зубастой пастью, с высунутым языком; от подбородка, закручиваясь вверх, топорщится косматая борода; изогнутая шея увенчана сверху зубчатым гребнем. На спину наброшена попона со свисающими по углам кистями, на которой восседает мужчина с женщиной в объятиях. Сзади изображена как бы благославляющая их любовь крылатая богиня Ника с венком и пальмовой ветвью в руках. Перед фантастическим зверем полулежит на земле бородатый Силен в овечьей шкуре, протягивающий вверх ритон (сосуд в виде рога) и как бы приглашающий сидящую пару принять участие в возлиянии. Судя по всему, это сцена так называемого «священного брака», греческие дионисийские мистерии которого широко распространены были в античном мире. На первый взгляд вызывает удивление женское платье, в которое облачен мужчина, однако именно на эллинистическом Востоке в женских одеждах нередко выступает Дионис, непременный персонаж обрядов, связанных со «священным браком».

Богато расшитые золотыми бляшками одеяния особенно пышно и красиво были украшены на груди, где замысловатый узор заканчивался нашивной золотой статуэткой крылатой богини, не имеющей себе равной среди всех известных изделий такого рода в собрании мирового эллинистического искусства. Спокойное, задумчивое лицо с прямым носом, широко раскрытыми глазами и красивым рисунком губ полно отрешенного очарования неземного божества. Волосы на голове разделены на простой пробор и забраны наверх под венок или диадему. Восточный тип лица подчеркивает точка в середине лба — бесспорное влияние культурного наследия Индии.

На шее, возможно, изображены украшения типа гривны или ожерелья. Плечи и кисти рук

Золотая статуэтка крылатой богини

Золотой перстень с изображением крылатой богини

украшены браслетами, причем правая рука упирается в слегка отставленное бедро, в то время как левая свободно опирается на колонку. Из-за плеч, закручиваясь вверх, выступают крылья.

Скорее всего здесь изображена богиня любви Афродита, но опять-таки в ее восточном, бактрийском варианте. Мы вряд ли когда-нибудь узнаем имя мастера, изготовившего статуэтку, но такое тонкое понимание пластики женского тела ставит его в один ряд с гениальными скульпторами древности, чьи творения являются шедеврами мирового античного искусства.

Под манжетами, богато расшитыми золотыми бляшками, на запястьях рук умершей были надеты золотые браслеты, украшенные скульптурными головками грифонов, живо напоминающих традиции искусства соседнего Ирана. В правой руке был зажат золотой скипетр — символ царской власти, в который раз подчеркивающий особое положение покойницы. В соответствии с типично греческими погребальными обрядами за щеку умершей заботливо была положена серебряная монета — плата Харону за переезд через р. Стикс в царство мертвого Аида. Все с той же целью обеспечить благополучный переход из одного мира в другой еще одна, но на этот раз золотая монета была зажата в кулаке левой руки. На обеих монетах сохранился чекан Сапалейзиса, одного из первых кочевых правителей, захвативших Бактрию и осевших там в это время.

Только в шести могилах, раскопанных нами, найдено около 20 000 золотых изделий, в том числе серебряные зеркала с китайскими надписями и ручками из слоновой кости, геммы с тонкими гравированными рисунками, оправленные в золотые обоймы, гребни из слоновой кости с разнообразными рисунками...

Когда до окончания раскопок оставались считанные дни, под лопатами археологов в очередной раз сверкнули золотые предметы следующего, седьмого, захоронения, которое из-за ограниченности времени пришлось законсервировать.

Итак, золотые и серебряные римские, парфянские и индийские монеты, найденные в могилах, позволяют утверждать, что некрополь относится к рубежу нашей эры, т. е. ко времени, когда Греко-Бактрийское государство уже не существовало, а Кушанское еще не было создано. Этот «темный» период до сих пор остается во

Золотой перстень с изображением сидящей богини

Золотая бляшка с изображением воинов, устанавливающих победные трофеи

Золотая бляшка с изображением головы человека

Золотой перстень

Золотые фигурки музыкантов с арфами

Золотые подвески в виде богини плодородия Анахиты

многом загадочным для мировой науки — он слабо освещен как письменными источниками, так и археологическими данными.

В самом деле, достаточно вспомнить некоторые эпизоды истории этой части Древнего мира. Как известно, в конце IV в. до н. э. в Бактрию вступают войска Александра Македонского. Однако вскоре после его смерти начинаются междоусобицы среди его бывших сподвижников и полководцев, в результате чего начало создаваться Селевкидское, а затем Греко-Бактрийское царство, верхушку которого составили эллинизированные бактрийцы и греческие колонисты. Оно оставило яркий след в истории развития местной культуры.

Но Греко-Бактрийское царство просуществовало всего 100 лет (с середины III по середину II в. до н. э.) и погибло под натиском кочевых юэчжийских племен, пришедших в Среднюю Азию из районов Центральной Азии и некогда обитавших по соседству с Монголией. Под натиском хуннов они переместились на запад и в конечном счете слились с огромным кочевым миром среднеазиатских степей, раскинувшихся к востоку от Каспийского моря вплоть до Алтая, а затем в середине II в. до н. э. устремились на юг, в плодородные и процветающие земледельческие оазисы. Достигнув Амударьи, кочевники, среди которых юэчжи играли главенствующую роль, сокрушили Греко-Бактрийское царство и осели здесь, образовав пять независимых друг от друга княжеств. Постепенно вчерашние кочевники сами переходят к оседлой жизни. Пройдет еще немного времени, и юэчжи создадут империю Великих Кушан, которая охватит часть Средней Азии, Афганистан, большую часть Индостана, а частично и Восточный Туркестан, и будет с успехом соперничать с Ханьским Китаем, Парфией и Римом. Вот к этому-то периоду и относятся могилы Тилля-тепе. Не доказано, но очень вероо-

Золотая обувная пряжка с изображением крадущейся пантеры

ятно, что некрополь принадлежал именно тому дому юэчжийских правителей, который положил позже основание империи Великих Кушан.

Художественные изделия могил Тилля-тепе, как уже сказано, обнаруживают высокий технический уровень ювелирного дела. Однако застывшие, фронтально развернутые композиции официального, династийного искусства далеки от реалистического, полного жизни местного эллинистического направления прославленного греко-бактрийского искусства. Хотя многие украшения изображают богов греческого пантеона и даже целые композиции греческой мифологии, их своеобразное исполнение свидетельствует о преимущественно местном бактрийском изготовлении почти всей коллекции Тилля-тепе.

Соединение местных, традиционно бактрийских мотивов с чисто греческими находит свое подтверждение на многих изделиях, так что не всегда можно установить их происхождение. Так, фигурки крылатых богинь, казалось бы, прямо перекликаются с богиней Никой, однако в бактрийском искусстве резьбы по камню уже давно — в эпоху бронзы (II тысячелетие до нашей эры) — было известно подобное божество, сидящее то на троне, то на драконе. Точно так же лев и сидящая на нем богиня на первый взгляд ассоциируются с Кибелой, однако на тех же бактрийских печатях эпохи бронзы имеется близкая композиция: крылатая богиня верхом на животном. Местные традиции, восходящие еще к бактрийской мифологии II тысячелетия до н. э., демонстрирует корона в виде стилизованных деревьев с сидящими птичками на ветвях. Этот мотив известен на одном бактрийском амулете и, вероятнее всего, изображает «священное дерево», засвидетельствованное в Авесте. Словом, художественные изделия Тилля-тепе показывают совершенно новые пути становления кушанского искусства в античной Бактрии.

Особую тему составляют зооморфные изображения, находящие близкие аналогии в искусстве «сибирского звериного стиля» сарматских племен. Казалось бы, налицо влияние, свидетельствующее о большой роли искусства кочевников, пришедших в Бактрию, однако не исключено обратное предположение, что скифо-сарматский звериный стиль сам является отражением искусства Передней Азии. Если многие зооморфные образы и были навеяны искусством кочевых племен, то изготовлены соответствующие ювелирные украшения были здесь местными бактрийскими мастерами. Отсюда, из окраинных районов Передней Азии, эти изделия распространяются далее на север и попадают в среду сарматских племен.

Возможно, что есть еще одно доказательство существования в Бактрии того времени нескольких этнических типов. Так, «государь с драконами», «богиня с эротом», «музыканты-арфисты» изображены с широкоскулыми лицами и раскосыми глазами, т. е. с монголоидными чертами, по-видимому, отображающими этнический облик пришлых юэчжей.

Второй антропологический тип представлен изображениями других богинь: крылатая богиня сохранила луноликий овал задумчивого лица, широко раскрытые глаза, чувственно припухлые губы; те же черты отмечены у богини плодородия, находящейся в окружении птиц, животных и рыб, а также на медальонах с погрудными женскими изображениями. Скорее всего эти черты передают этнический тип бактриек, исконных обитательниц здешних мест.

Наконец, на золотых застежках в виде воинов, бесспорно, запечатлен классический греческий тип. Близкие изображения имеются и на других изделиях, в том числе на одной не упомянутой нами нашивной бляшке, где бородатые воины устанавливают победные трофеи.

Отмеченные внешние влияния дополняются импортными китайскими зеркалами и индийской резной костью, что не удивительно, так как Тилля-тепе был расположен на Великом шелковом пути: на западе — Римская империя, на востоке — Ханьский Китай, на юге — Индия. Кажется, впервые удалось встретить собрание художественных ювелирных изделий, раскрывающее дальнейшие пути развития эллинистической культуры и вместе с тем истоки кушанского искусства. Если до находок на Тилля-тепе эллинистическое искусство определялось как синтез греко-римского и восточного, то теперь впервые появилась возможность конкретизировать это общее и во многом аморфное определение на основе документальных фактов. Налицо греко-бактрийская основа этого искусства, которая дополняется влияниями, идущими из Рима и Греции, Индии и Китая, так что впервые мы наблюдаем смешение разных стилей на примере одного и того же ювелирного изделия. В целом же коллекция художественных изделий из Тилля-тепе знакомит нас с оригинальным искусством, в котором классические персонажи греческой мифологии выступают в таком переработанном виде, что перед нами открывается совершенно новый мир.

ЗЕМЛЯ

Научно-техническая революция, охватившая мир, неизмеримо усилила власть человека над природой, открыла перед нами гигантские созидающие возможности и в то же время показала, как скудны наши сведения о собственной планете, как плохо мы разбираемся пока в сущности многих природных явлений...

Виноградов А. П.

Л. И. ПОПОВ,
В. В. РЮМИН, С. А. САВЧЕНКО
Планета Земля — взгляд из космоса

С. А. УШАКОВ
От гипотезы дрейфа материков
к теории глобальной тектоники

Р. БАРСБОЛД
Динозавры из Центральной Азии

С. НАКАМУРА
Растениеводство защищенного грунта

Л. К. ЭРНСТ, Ф. Ф. ЭЙСНЕР
Крупномасштабная селекция
в скотоводстве

Леонид Иванович ПОПОВ
(р. 1945) — летчик-космонавт СССР, дважды Герой Советского Союза, Герой ВНР, Герой Труда СРВ, Герой Республики Куба, Герой СРР. В 1968 окончил Черниговское высшее военное авиационное училище им. Ленинского комсомола и служил летчиком-истребителем в ВВС СССР. С 1970 в отряде советских космонавтов. Принимал участие в управлении полетами космических аппаратов. В 1976 закончил Военно-воздушную академию им. Ю. А. Гагарина. В 1980 Л. И. Попов вместе с В. В. Рюминым совершил длительный 185-суточный полет на станции «Салют-6», во время которого на ее борту работали также космонавты четырех экспедиций посещения, в том числе международных по программе «Интеркосмос»: В. Н. Кубасов (СССР) и Б. Фаркаш (ВНР), Ю. В. Малышев и В. В. Аксенов (СССР), В. В. Горбатко (СССР) и Фам Туан (СРВ), Ю. В. Романенко (СССР) и А. Тамайо Мендес (Республика Куба).
В 1981 экипаж в составе Л. И. Попова и космонавта-исследователя гражданина СРР Д. Прунариу работал на станции «Салют-6» по программе «Интеркосмос».
В 1982 вместе с А. А. Серебровым и С. Е. Савицкой участвовал в экспедиции посещения станции «Салют-7».

Валерий Викторович РЮМИН
(р. 1939) — летчик-космонавт СССР, руководитель пилотируемых полетов, дважды Герой Советского Союза, Герой ВНР, Герой Труда СРВ, Герой Республики Куба. Окончил в 1966 факультет электроники и счетно-решающей техники Московского лесотехнического института. Участвовал в разработке и наземных испытаниях различных космических аппаратов, в управлении пилотируемых космических кораблей и орбитальных станций.
С 1973 в отряде советских космонавтов. В 1977 вместе с В. В. Коваленком совершил полет на корабле «Союз-25». В 1979 вместе с В. А. Ляховым совершил 175-суточный полет на борту станции «Салют-6».
В 1980 В. В. Рюмин вместе с Л. И. Поповым совершил длительный 185-суточный полет на станции «Салют-6», во время которого на ее борту работали также космонавты четырех экспедиций посещения, в том числе международных по программе «Интеркосмос»: В. Н. Кубасов (СССР) и Б. Фаркаш (ВНР), Ю. В. Малышев и В. В. Аксенов (СССР), В. В. Горбатко (СССР) и Фам Туан (СРВ), Ю. В. Романенко (СССР) и А. Тамайо Мендес (Республика Куба).

Станислав Андреевич САВЧЕНКО
(р. 1933) — специалист по оптике, научный сотрудник Института космических исследований АН СССР. В 1957 окончил Ленинградский институт точной механики и оптики. С. А. Савченко принимал участие в осуществлении программы визуальных наблюдений атмосферы Земли и природных ресурсов всех экспедиций на станции «Салют-6», а также проведении научных экспериментов и оперативной обработке их результатов в Центре управления полетом. Он — автор ряда научных работ по наблюдениям из космоса.

ЛЕОНИД ИВАНОВИЧ ПОПОВ
ВАЛЕРИЙ ВИКТОРОВИ РЮМИН
СТАНИСЛАВ АНДРЕЕВИЧ САВЧЕНКО

Планета Земля — взгляд из космоса

Древнейшая на Земле наука астрономия тысячелетиями была наукой наблюдательной, целиком основанной, как теперь мы часто говорим, на дистанционном зондировании объектов наблюдения. Она длительное время была и единственной, которая накапливала новые факты только наблюдательным путем, не имея возможности проводить какие-либо эксперименты и непосредственно контактировать с объектом исследований.

Подавляющее большинство других «земных» наук были экспериментальными, где факты накапливались путем не только наблюдений, но и непосредственного воздействия на объекты исследования.

Дистанционные измерения на астрономических расстояниях, хотя и проводимые с астрономической точностью, позволили получить лишь общие сведения о небесных телах. Детали при этом ускользали от наблюдателя вследствие различных ограничений, как физических, связанных с дифракцией света, турбулентностью атмосферы и т. д., так и технических (низкое качество оптических систем и пр.).

Экспериментальные науки, наоборот, тонули в деталях. Особенно при исследованиях объектов, которые наземный наблюдатель не мог одновременно окинуть взглядом. Детали так хорошо маскировали общие закономерности, что нередко за деревьями не удавалось обнаружить лес.

Изучая Землю, в поисках этих закономерностей человек стремился взглянуть на нее сначала с большей высоты, затем вообще со стороны. Многие годы изучение Земли из космоса осуществлялось лишь косвенно, в наблюдениях освещенной ею «пепельной» стороны Луны и тени нашей планеты при достаточно редких лунных затмениях. Однако здесь, как и во всей оптической астрономии, вся информация могла быть получена только в узком атмосферном окне в видимом и, позднее, ближнем инфракрасном диапазонах длин волн. «Узость» нашего взгляда с Земли иллюстрирует рис. 1.

Начавшаяся запуском первого ИСЗ в 1957 г. космическая эра за десяток лет превратила астрономию из науки наблюдательной в науку экспериментальную. Человек смог «пощупать руками» лунный грунт, оценить характеристики поверхности Марса и Венеры, определить параметры и состав планетных атмосфер и ионосфер. Его разочаровали результаты поисков признаков жизни в ближайших окрестностях Земли, однако он столкнулся с новыми загадками природы и обрел новые надежды.

Космические полеты позволили выйти за пределы атмосферной пелены, исчезли проблемы турбулентности атмосферы для астрономических исследований в видимом диапазоне длин волн, для ученых раскрылся весь спектр от гамма-излучения до радиоволн любой длины.

Спутники, снабженные разнообразной научной аппаратурой для дистанционного исследования Земли, позволили получить уже не редкую точечную сеть измерений (как при пусках геофизических ракет), а трехмерные карты излучения Земли в широком диапазоне длин волн. Была подробно исследована ионосфера и магнитосфера Земли, открыты и исследованы радиационные пояса, получены данные об изменении состава и характеристиках средней и верхней атмосферы. Метеорологические спутники непрерывно следят за облачным покровом и тепловым режимом планеты. Специальные спутники исследуют полярные сияния и экваториальное свечение земли. Спутники, снабженные высококачественными широкоугольными фотоаппаратами, изучают перспективные с точки зрения геологии структуры на поверхности Земли. Наука о Земле из космоса работает на человечество.

Гагарин — первый человек, увидевший Землю с высоты в сотни километров — первым и провел обобщенные визуальные наблюдения.

Фотографии, полученные советскими космонавтами, а затем с помощью советских космических аппаратов серии «Зонд», снимки, сделанные

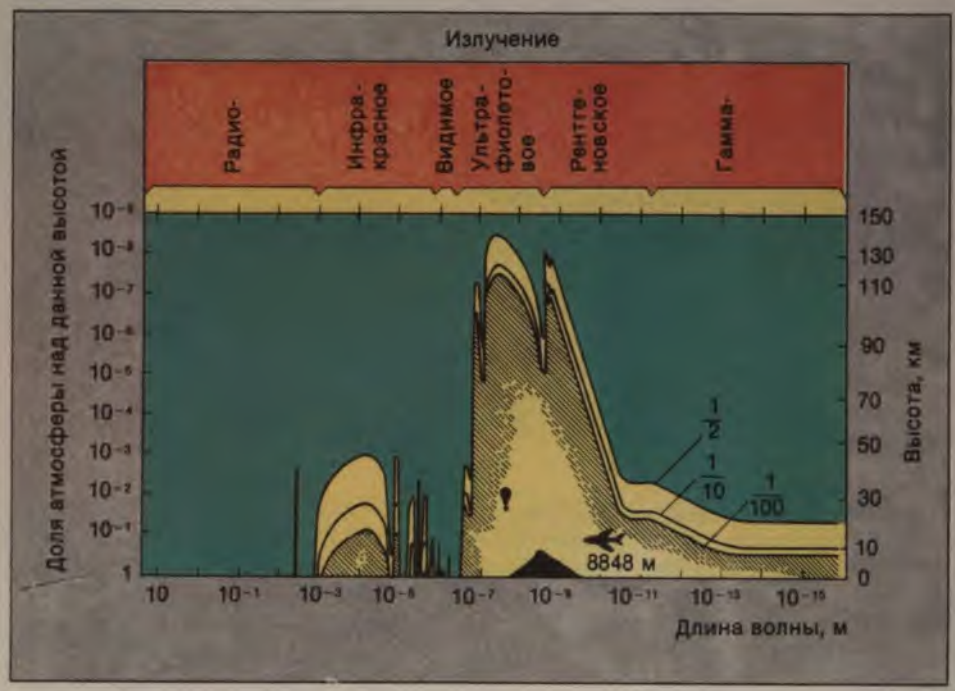


Рис. 1. Высоты, до которых доходит излучение данной длины волны (кривые для 1/2, 1/10, 1/100 его долей). Слева указано, какая доля атмосферы по массе остается над соответствующей высотой. Символами обозначены максимальные высоты, на которых можно вести наблюдения с аэростатов и самолетов, а также высота высочайшего на Земле горного массива в Гималаях Джомолунгмы (8848 м)

американскими астронавтами, позволили увидеть Землю с все больших и больших расстояний.

Постепенно от кратковременных пробных полетов на транспортных и исследовательских кораблях мы перешли к длительным на долговременных станциях. Станция «Салют-1» была, по сути, первой универсальной космической базой, имевшей в своем составе как астрофизические, так и геофизические приборы. Станция «Салют-6» поставила своеобразный рекорд длительного существования в космосе лаборатории, где исследования ведутся с активным участием человека.

За годы функционирования станции мы существенно продвинулись в понимании процессов, проходящих на Земле и в окружающем пространстве. Простейшие визуальные наблюдательные приборы и сложнейшие субмиллиметровые и радиотелескопы, приборы для спектральных и поляриметрических исследований, малоформатные фотокамеры и сложная многозональная фотоаппаратура МКФ-6М — весь этот комплекс средств дистанционного зондирования находился в руках советских и интернациональных экипажей во время их работы на борту станции.

Наблюдателю, впервые увидевшему освещенную Солнцем Землю из космоса, с высоты в сотни километров, прежде всего бросается в глаза общий голубой тон планеты, определяемый рэлеевским рассеянием излучения Солнца на молекулах атмосферных газов, и то, что большая часть поверхности Земли (70—80%) закрыта облаками.

Поражает многообразие облачных структур. Одновременно через иллюминаторы станции наблюдается поверхность Земли в миллионы квадратных километров.

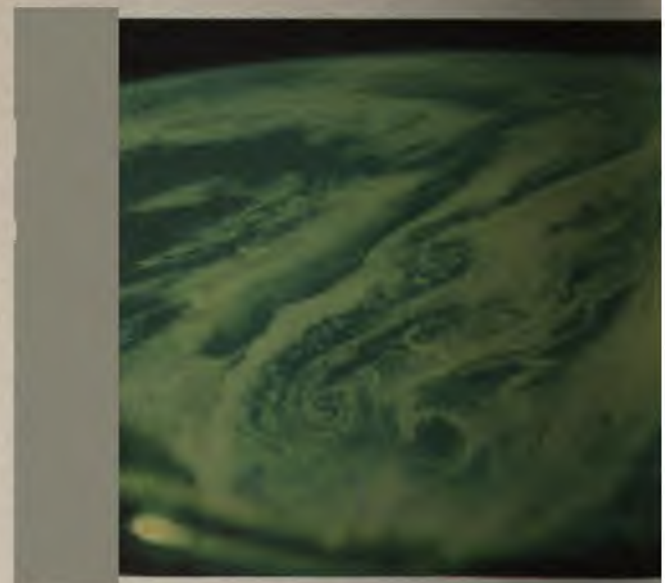


Рис. 2. Циклонические вихри над Северной Африкой

По мере приближения к горизонту облачные образования как бы накладываются друг на друга и охватывают большую часть горизонта сплошной пеленой (рис. 2).

Одновременно можно наблюдать участки суши и океана, практически свободные ков, отдельные кучевые и перистые обла ждение и гибель циклонов. На рис. 2 видны циклонические вихри в Северном рии, при этом облачная спираль закруче часовой стрелки. Наоборот, в Южном аналогичная спираль циклонического

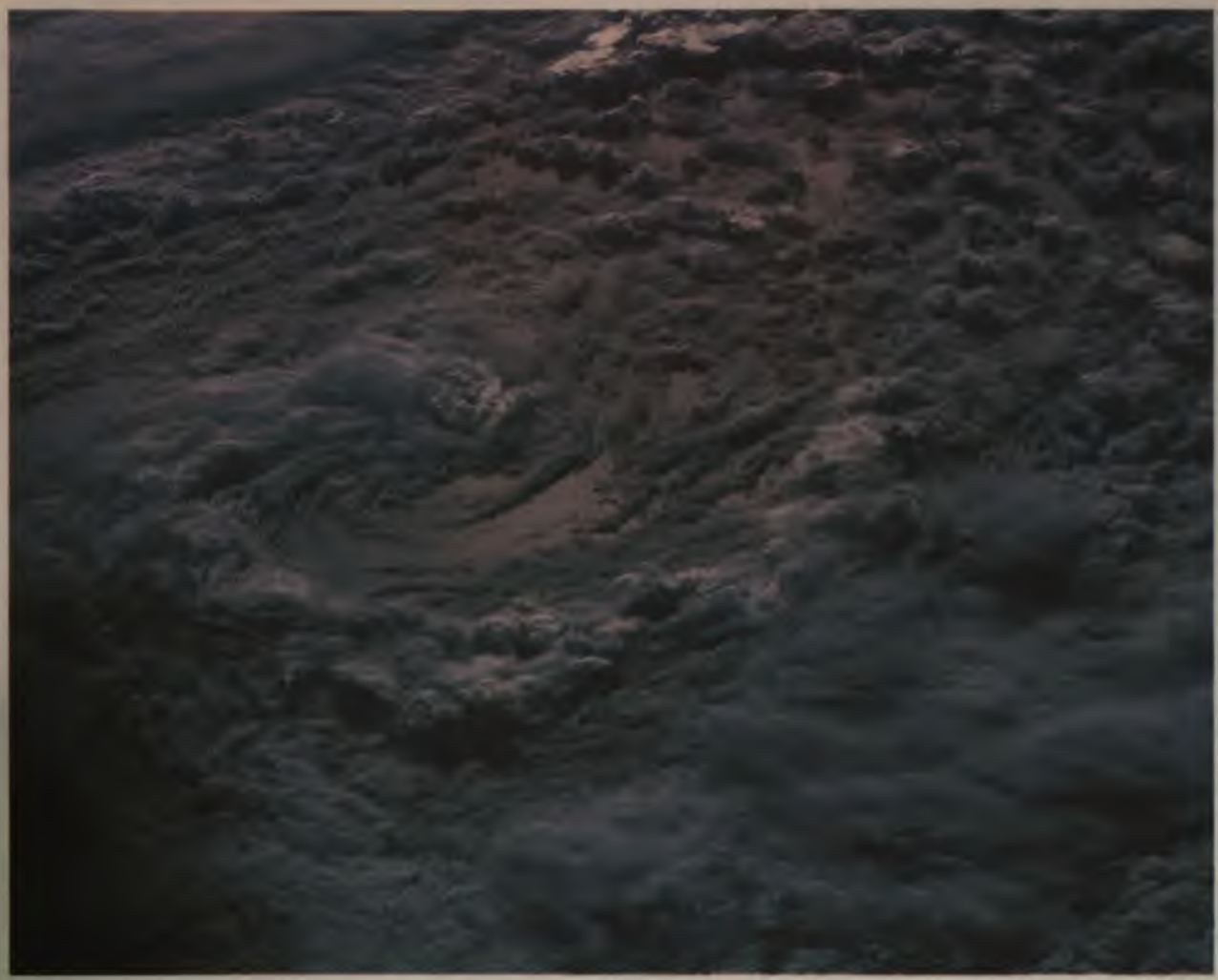


Рис. 3. Тропический циклон над Южной Америкой

Рис. 4. Облачный покров над Алеутскими островами

ния закручена по часовой стрелке (рис. 3) На рис. 4 под облачным покровом с трудом угадываются Алеутские острова. При сильном ветре и влажной атмосфере выявляются турбулентные процессы, возникающие при обтекании островов движущейся воздушной массой. Характер облачного образования во время циклона (рис. 5) подчеркивает влияние островов Галапагос и холодного Перуанского течения на формирование облачного покрова. На рис. 6 хорошо видны острова Фернандина, Исабелла и Санта-Крус (острова Галапагос) уже после распада циклона. «Спокойные» облачные структуры, наблюдаемые на рис. 7, маскируют коралловые рифы Мальдивских островов в Индийском океане. Облачный покров в прибрежной зоне часто повторяет береговую черту и «отслеживает» заливы и мысы (рис. 8).

Обычные кучевые облака над сушей (рис. 9\

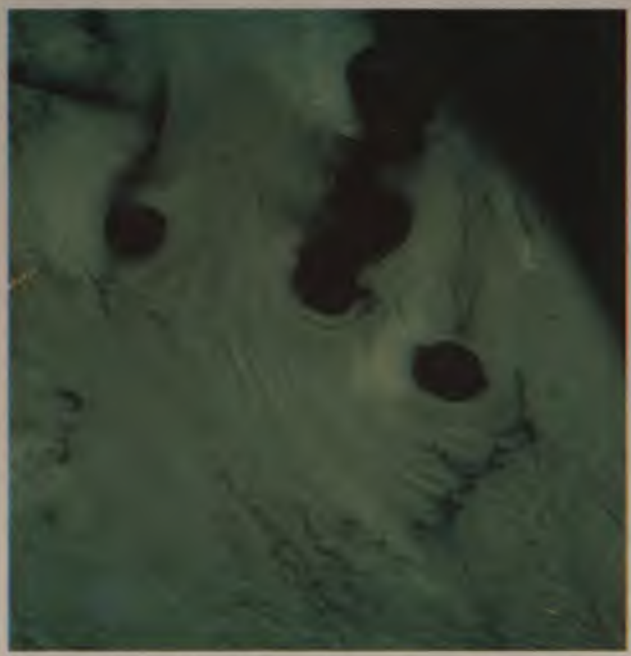


Рис. 5. Циклон над островами Галапагос (18 августа 1980 г.)

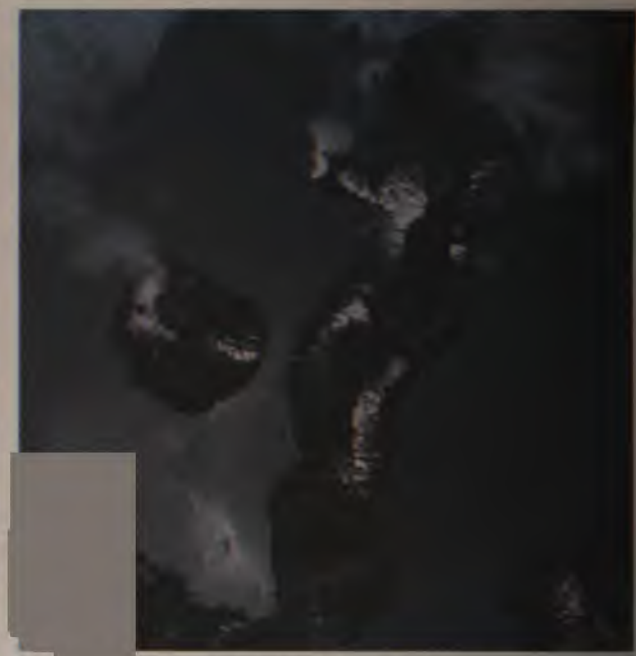


Рис. 6. Острова Галапагос

Рис. 7. Мальдивские острова

Рис. 8. Устье реки Мангуки на острове Мадагаскар

Рис. 9. Озеро Зайсан и река Иртыш

Рис. 10. Кучевые облака над Атлантическим океаном

и океаном (рис. 10) практически не мешают наблюдениям поверхности Земли.

В засушливых районах Земли облачный покров появляется крайне редко. Наблюдать такие районы можно практически в любое время года.

Изменчивость структуры облачности говорит о самых мощных в атмосфере Земли энергетических процессах (их мощность достигает $2 \cdot 10^{15}$ Вт). Из космоса хорошо видно, как фронт облачности, выявляющий границу холодного и теплого воздуха, надвигается на те или иные географические районы. Космонавты иногда пользовались возможностью передать своим коллегам на Земле в Центре управления полетом приятное сообщение о том, что полоса дождей сменится хорошей летней погодой.

Постепенно привыкнув к наблюдаемой картине облачности, в разрывах облаков космонавты начинают, сперва с заметными трудностями, а затем все легче и легче, опознавать знакомые по наземной подготовке береговые линии, реки, озера, острова в океане, горные системы. Огромное впечатление производит Кавказ с его высочайшей в Европе вершиной Эльбрусом (рис. 11) и долинами рек Баксан, Ингури, Кубань, горные системы Тянь-Шаня (рис. 12), Каракорума (рис. 13), Западной Кордильеры (рис. 14), Патагонии (рис. 15 и 16).

По мере накопления опыта наблюдений горных районов все большее внимание привлекают ледники, как динамичные образования, изменяющиеся «на глазах» за время длительного полета. По просьбе ученых Госцентра «Природа» исследованием ледников в труднодоступных и малонаселенных зонах, их динамики занимались все основные экспедиции на станции «Салют-6». Особенно большой цикл наблюдений был проведен во время второй основной экспедиции космо-

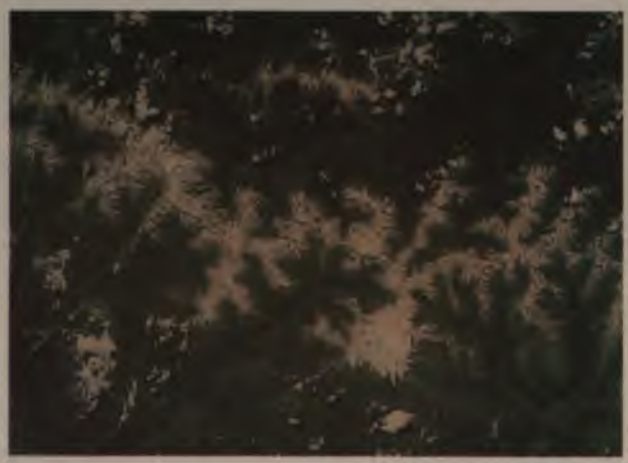


Рис. 11. Район Эльбруса на Кавказе

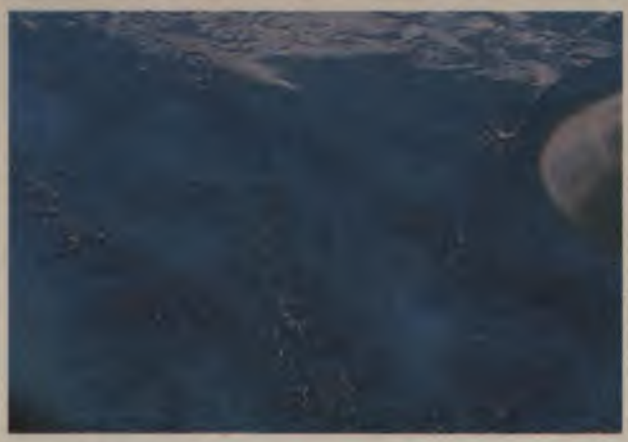


Рис. 12. Участок Тянь-Шаньской горной системы с Таласso-Ферганским разломом, разделяющим горные хребты

навтами В. В. Коваленком и А. С. Иванченковым* при участии сотрудника Госцентра Л. В. Десинова.

Наблюдать ледники и ледяные поля необходимо для составления карт их морфологии и режима (в первую очередь в труднодоступных местах), для создания атласа снежно-ледовых ресурсов мира — основных «кладовых» пресной воды на земном шаре. Сопоставление снимков, полученных разными экспедициями (см. рис. 15 и 16), позволяет выявить динамику ледников, обнаружить пульсирующие ледники, определить изменение альбедо ледовой поверхности.

Характерные особенности позволяют космонавтам довольно быстро опознавать бездействующие вулканы, а в случае извержения легко обнаруживать шлейф дыма и пепла, вытягивающийся на многие сотни километров (рис. 17).

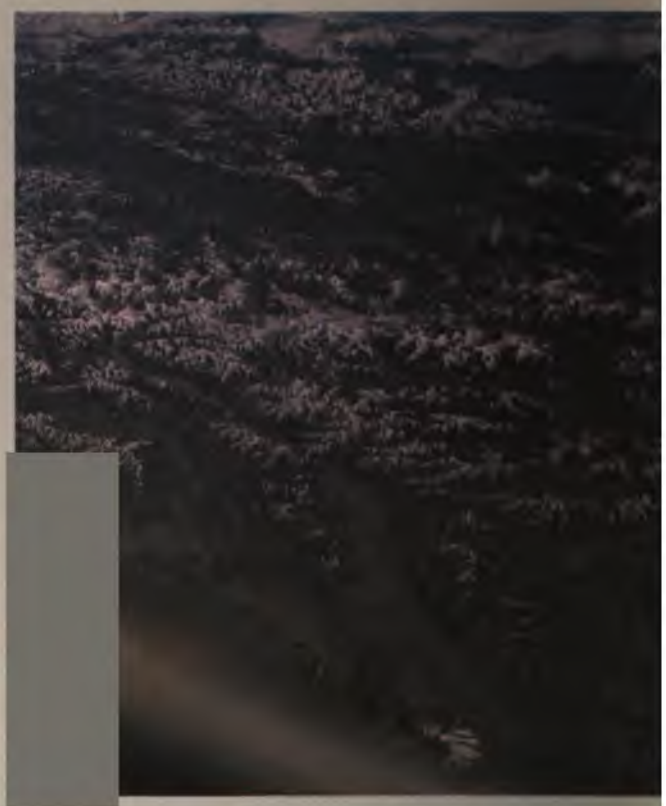


Рис. 13. Вид со стороны Памира на Каракорум

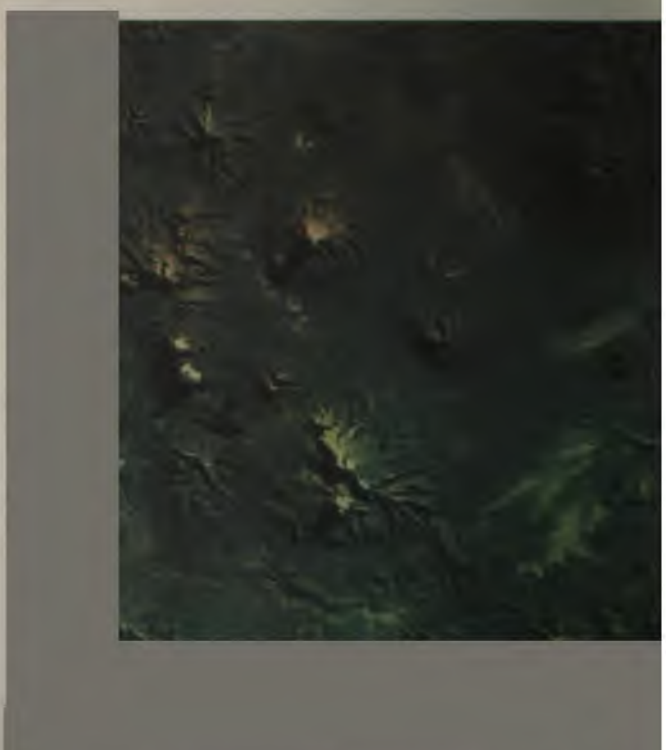


Рис. 14. Западная Кордильера в районе вулканов Саха— и Гуальятири

* В ежегоднике «Наука и человечество. 1981» помещена статья А. С. Иванченкова «Визуальные наблюдения с борта станции «Салют-6». — *Ред.*

Рис. 15. Фрагмент южного ледяного поля Патагонии (лето в Южном полушарии). Фото Ю. В. Романенко и Г. М. Гречко (1978 г.)

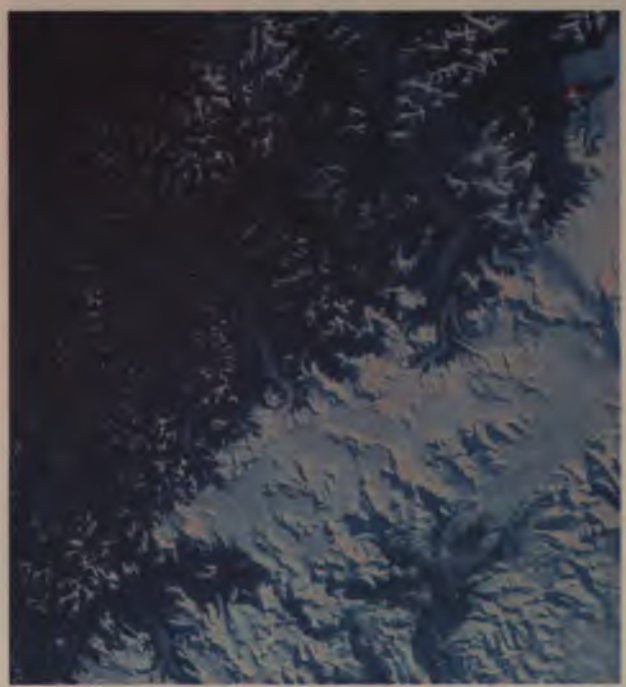


Рис. 16. Центральная часть района, изображенного на рис. 15 (зима в Южном полушарии)

Рис. 17. Извержение вулкана Мутновского на Камчатке 17 августа 1980 г.

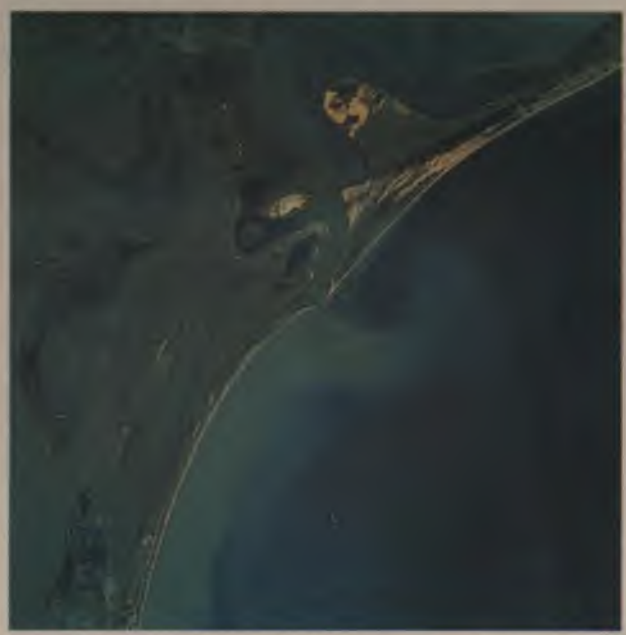


Рис. 18. Бразильское побережье Атлантического океана в районе озер Лагоа-Мирин и Патус

На водной поверхности, казавшейся в начале полета свинцово-однообразной, при длительных наблюдениях обнаруживается все больше и больше деталей. Отчетливо видны мутьевые выносы по резкой границе между замутненной и чистой водой в океане (рис. 8 и 18), гидрологические особенности режимов в проливах (рис. 19). Значительно различаются по цвету воды с разной степенью солености (менее соленая вода — белесоватого оттенка). Это легко заметить на фотографиях западной и восточной части озера Балхаш (рис. 20 и 21); в нем режим более мелководной сильно опресненной западной части определяется водами реки Или. Поразителен цветовой и яркостный контраст на фотографии Большого Соленого озера в Северной Америке, разделенного на две части плотиной (рис. 22). Также контрастны ландшафты вокруг озера: знойная пустыня на западе и увлажненное побережье на Востоке.

Еще большего опыта требуют наблюдения таких явлений, как, например, внутренние волны (рис. 23).

Рис. 19. Гибралтарский пролив. На северном берегу порты Альхесирас и Гибралтар, на южном — Танжер и Сеута

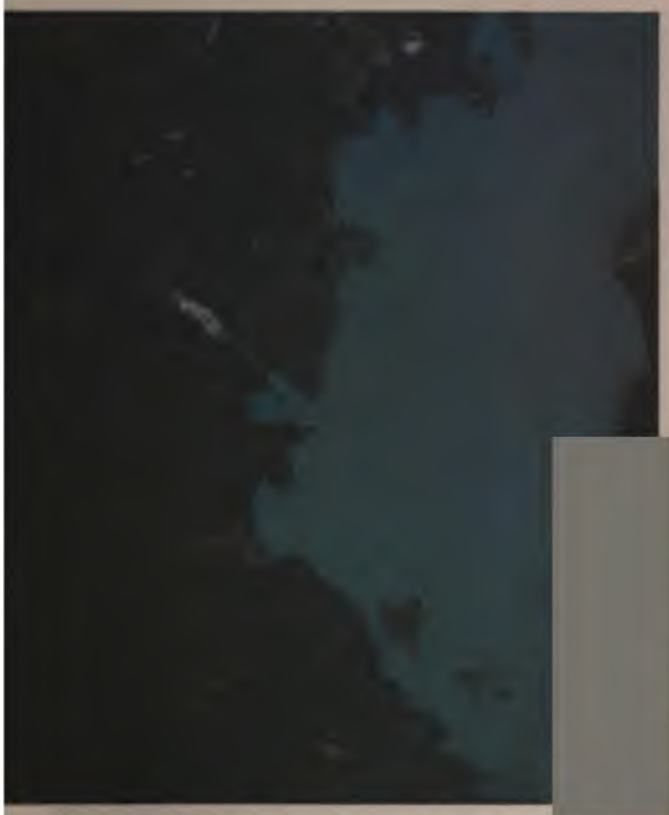


Рис. 20. Западная часть озера Балхаш в районе реки Или

Рис. 21. Восточная часть озера Балхаш

Рис. 22. Большое Соленое озеро в Северной Америке

Здесь уже необходимо отчетливо понимать, что такие образования лучше наблюдаются в солнечном блике, когда угол между линией визирования и нормалью к поверхности океана равен углу нормаль—направление на Солнце. В этом случае поверхность воды становится яркой, на фоне более темной суши реки выглядят серебристыми лентами (см. рис. 8 и 10).

Наблюдая сушу, космонавты часто сталкиваются с гигантскими рукотворными сооружениями на Земле (см. рис. 22). Огромные города (см. рис. 19) и сопутствующие им транспортные артерии легко наблюдаются из космоса. Геометрически правильные сооружения на дневной стороне Земли (см. рис. 22), ярко освещенные цветными огнями автострады на ночной стороне, естественно, сообщают наблюдателю о своем искусственном происхождении.

* * *

Пройдя период первичной адаптации к условиям невесомости, расконсервировав станцию и ее научную аппаратуру, освоившись с визуальными наблюдениями и научившись распознавать элементы подстилающей поверхности, космонавты приступают к выполнению конкретных заданий ученых.

Основные методические задачи, решение которых необходимо для успешного исследования Земли из космоса, в первом приближении можно свести к следующим вопросам:

когда и где (т. е. при какой высоте Солнца, при каких углах визирования, в какие сезоны, в каких географических районах) правильнее вести

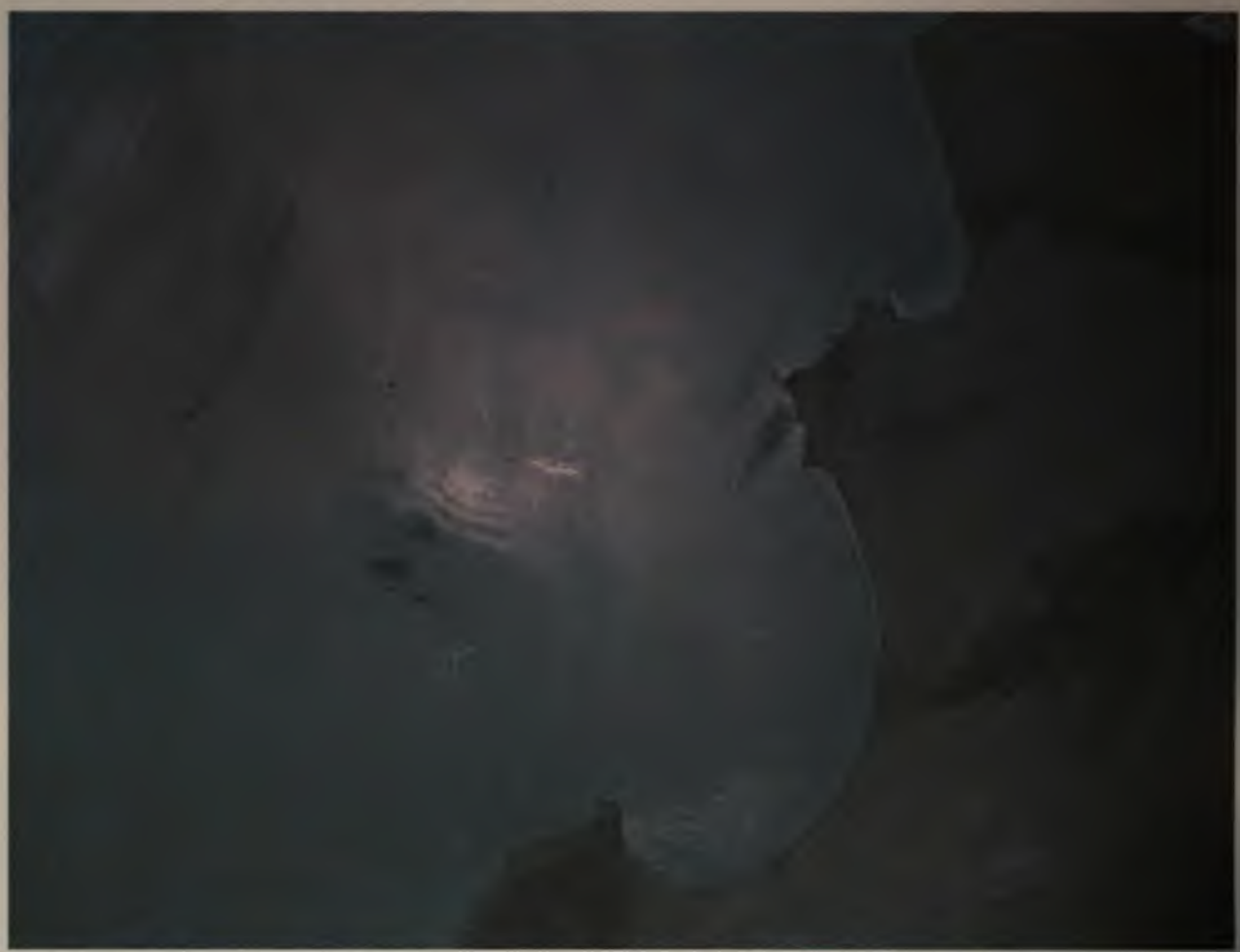


Рис. 23. Внутренние волны в океане у мыса Пунта-Негра — самой западной части Южной Америки

Рис. 24. Фрагмент течения Гольфстрим (25 июня 1980 г.)

исследования в интересах данной конкретной области науки о Земле;

каким образом (т. е. в каком спектральном интервале, с помощью какой аппаратуры, по каким признакам) рациональнее всего получать необходимую для ученых информацию;

в каких условиях (т. е. при каком состоянии аппаратуры и иллюминаторов, при каких фоновых засветках, условиях адаптации) лучше вести визуальные, фотографические и спектрометрические наблюдения.

Параллельно с решением методических задач космонавты, как было сказано, ведут наблюдения определенных образований на земной поверхности, в атмосфере, ионосфере. Так, например, наша четвертая основная экспедиция на «Салюте-6» выполнила наблюдения и измерения по заданиям геологов, океанологов, метеорологов, вулканологов, гляциологов, специалистов рыбного, лесного, сельского и водного хозяйства. Мы вели наблюдения районов стихийных бедствий (лесные пожары, извержения вулканов), ледо-

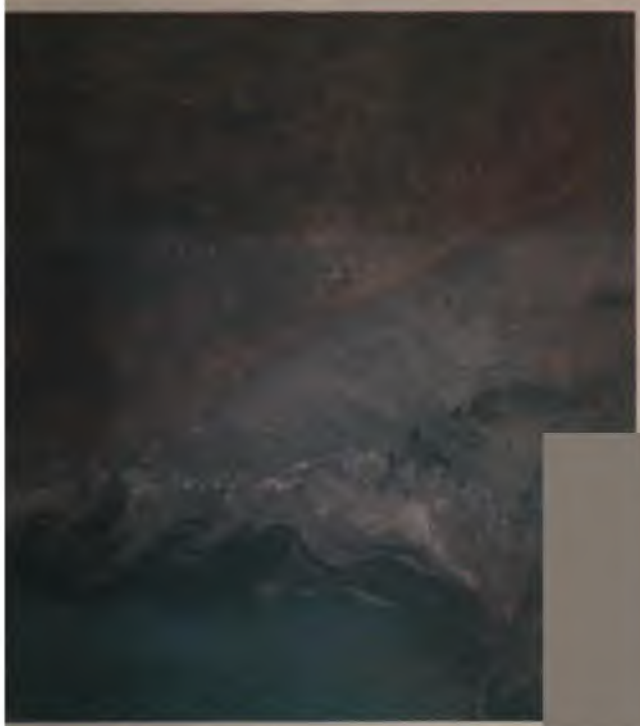


Рис. 25. Северное побережье Каспийского моря в районе дельты реки Урал

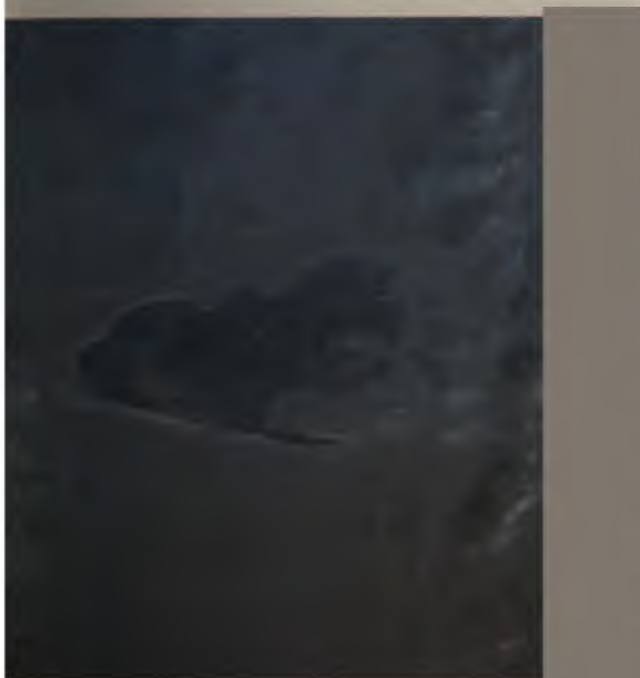


Рис. 26. Сарыкамышская озерная котловина в Туркмении (в центре снимка). На протяжении последних лет происходит заполнение котловины водами реки Амударьи, сбрасываемыми с полей. Процесс идет на фоне быстрого усыхания Аральского моря

вой обстановки. Отдельные циклы наблюдений и фотосъемки осуществлялись по просьбе специалистов Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн АН СССР в целях исследования свечения верхней атмосферы и полярных сияний, специалистов, изучающих атмосферу Земли и распределение в ней аэрозоля.

Как выглядит поверхность Земли при различных высотах Солнца, различных состояниях растительного и снежного покровов, интересует ученых многих специальностей, и прежде всего геологов. Они поручали нам найти продолжение известных разломов земной коры (см. рис. 12), сфотографировать при определенных условиях освещения слабо проявляющуюся кольцевую структуру, провести сравнение нефтеносных зон различных районов и выделить их общие признаки и т. д.

Особый интерес представляют наблюдения активных геологических процессов, например вулканизма (см. рис. 14 и 17). Это особенно важно в тех случаях, когда вулканы располагаются в малонаселенных и океанических районах (извержение подводного вулкана), а информация о стихийных бедствиях, связанных с их деятельностью (например, о цунами), может быть получена другими, не космическими методами лишь с большим опозданием.

Институт океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР и другие научно-исследовательские организации, занимающиеся проблемами морей и океанов, водных ресурсов, ставят перед космонавтами целый ряд методических задач, связанных с совершенствованием аппаратуры автоматических комплексов для изучения океана. Фундаментальные исследования океана необходимы прежде всего для создания общей теории климата. Так, течения в океане, мощность которых достигает 10^{14} Вт, в значительной мере определяют распределение температуры по земному шару. Гольфстрим, «обогревающий» Европу, достоин особенно пристального внимания (рис. 24). Для специалистов по гидрологии важны фотографии, позволяющие, например, установить, происходит ли в данный момент вторжение вод Атлантического океана в Средиземное море или, наоборот, исход вод Средиземного моря в Атлантику (см. рис. 19), контролировать изменение режима реки Урал и северной части Каспийского моря (рис. 25), количественно оценить последствия хозяйственного использования воды (рис. 26), состояние пляжей побережья и загрязнение океана (см. рис. 18). Специалисты по экологии просят космонавтов проводить спектрометрические (в том числе с болгарской аппаратурой «Спектр-15») и фотографические наблюдения над промышленными объектами (рис. 27 и 28). Нам удалось получить интересные спектрограммы купола загрязнений атмосферы над при-

Рис. 27. Дымовые выбросы промышленных предприятий на побережье Мексиканского залива

брежными промышленными городами и проследить его распространение над водной поверхностью.

Контроль источников загрязнений воздушного бассейна, особенно в густонаселенных районах, становится как в национальных, так и в международных масштабах все более острой проблемой.

С орбиты могут быть обнаружены районы, подверженные стихийным бедствиям. Тайфун и его перемещение заметить достаточно просто. Не представляет особой сложности и наблюдение интенсивной грозовой деятельности: в ночных условиях хорошо видны вспышки в облачном покрове, появляющиеся при его подсветке молниями (см. рис. 42), а в дневных — грозовую облачность достаточно легко отличить от обычной.

Космонавты неоднократно наблюдали пыльные бури, при этом шлейф пылевого облака мог простираться на сотни километров от побережья.

Вследствие грозовых процессов (количество разрядов по всему земному шару в год достигает $3 \cdot 10^9$), а зачастую и неосторожной деятельности человека почти постоянно, практически на каждом витке обнаруживаются лесные пожары (рис. 29).

Космонавт может планомерно помогать борьбе со стихийными бедствиями, прежде всего, конечно, разрабатывая эффективные методы и испытывая новую аппаратуру для наблюдения природных процессов из космоса, например, с метеорологических автоматических спутников.

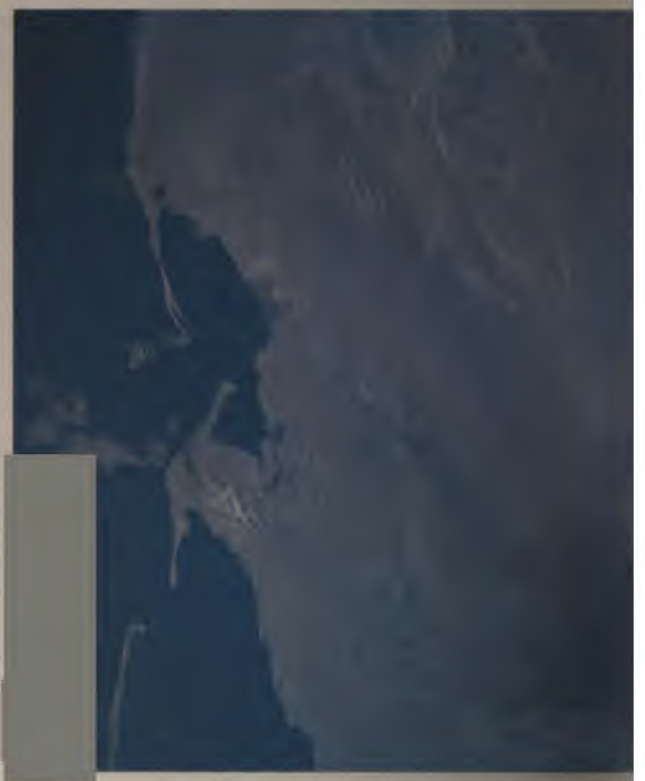


Рис. 28. Дымовой выброс промышленного происхождения на побережье Каспийского моря

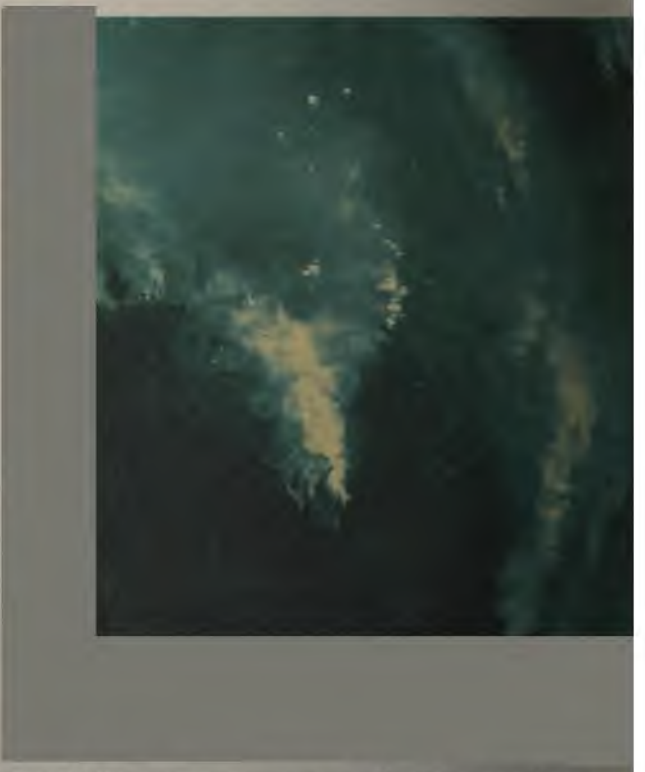


Рис. 29. Крупные лесные пожары в бассейне реки Амур (19 августа 1980 г.)

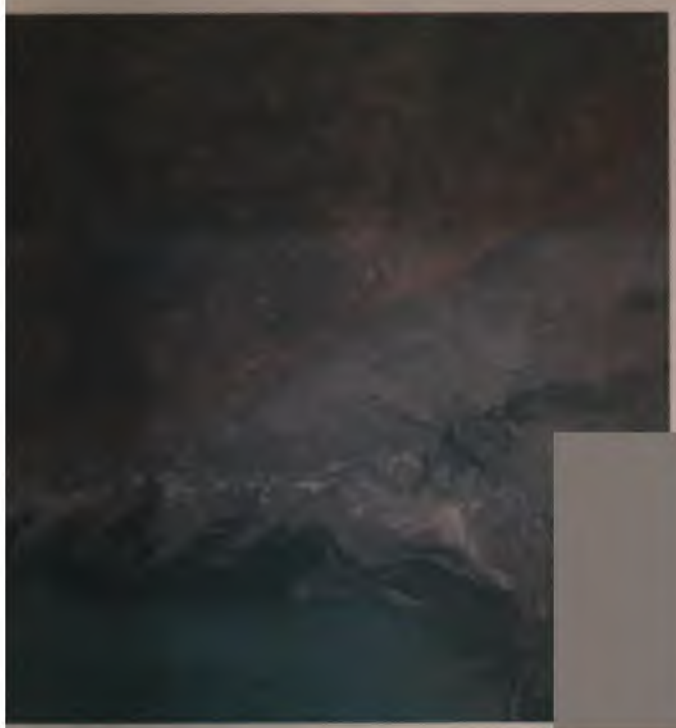


Рис. 25. Северное побережье Каспийского моря в районе дельты реки Урал

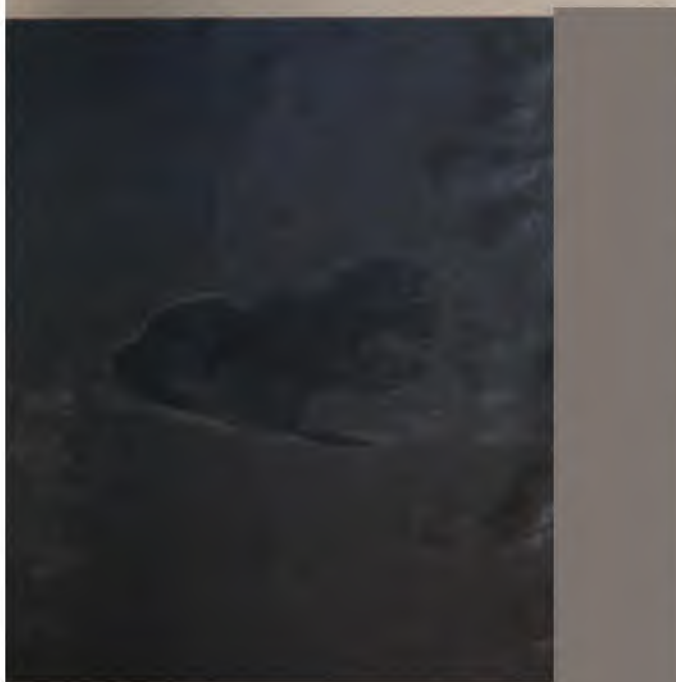


Рис. 26. Сарыкамышская озерная котловина в Туркмении (в центре снимка). На протяжении последних лет происходит заполнение котловины водами реки Амударьи, сбрасываемыми с полей. Процесс идет на фоне быстрого усыхания Аральского моря

вой обстановки. Отдельные циклы наблюдений и фотосъемки осуществлялись по просьбе специалистов Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн АН СССР в целях исследования свечения верхней атмосферы и полярных сияний, специалистов, изучающих атмосферу Земли и распределение в ней аэрозоля.

Как выглядит поверхность Земли при различных высотах Солнца, различных состояниях растительного и снежного покровов, интересует ученых многих специальностей, и прежде всего геологов. Они поручали нам найти продолжение известных разломов земной коры (см. рис. 12), сфотографировать при определенных условиях освещения слабо проявляющуюся кольцевую структуру, провести сравнение нефтеносных зон различных районов и выделить их общие признаки и т. д.

Особый интерес представляют наблюдения активных геологических процессов, например вулканизма (см. рис. 14 и 17). Это особенно важно в тех случаях, когда вулканы располагаются в малонаселенных и океанических районах (извержение подводного вулкана), а информация о стихийных бедствиях, связанных с их деятельностью (например, о цунами), может быть получена другими, не космическими методами лишь с большим опозданием.

Институт океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР и другие научно-исследовательские организации, занимающиеся проблемами морей и океанов, водных ресурсов, ставят перед космонавтами целый ряд методических задач, связанных с совершенствованием аппаратуры автоматических комплексов для изучения океана. Фундаментальные исследования океана необходимы прежде всего для создания общей теории климата. Так, течения в океане, мощность которых достигает 10^{14} Вт, в значительной мере определяют распределение температуры по земному шару. Гольфстрим, «обогревающий» Европу, достоин особенно пристального внимания (рис. 24). Для специалистов по гидрологии важны фотографии, позволяющие, например, установить, происходит ли в данный момент вторжение вод Атлантического океана в Средиземное море или, наоборот, исход вод Средиземного моря в Атлантику (см. рис. 19), контролировать изменение режима реки Урал и северной части Каспийского моря (рис. 25), количественно оценить последствия хозяйственного использования воды (рис. 26), состояние пляжей побережья и загрязнение океана (см. рис. 18). Специалисты по экологии просят космонавтов проводить спектрометрические (в том числе с болгарской аппаратурой «Спектр-15») и фотографические наблюдения над промышленными объектами (рис. 27 и 28). Нам удалось получить интересные спектрограммы купола загрязнений атмосферы над при-

Рис. 32. Отдельные кадры кинограммы захода Луны за атмосферу Земли

Рис. 33. Клин зари перед восходом Солнца

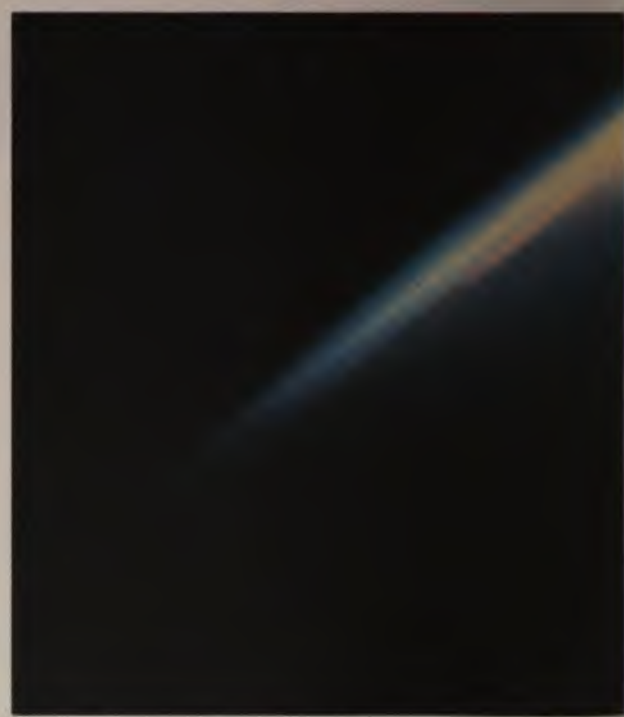
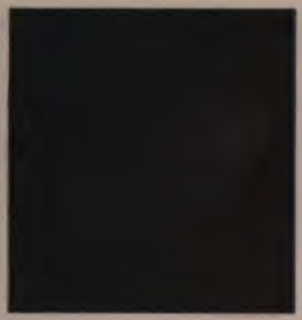


Рис. 35. Сумеречная зона атмосферы после восхода Солнца

Рис. 34. Обработка фотографии, аналогичной рис. 33, в псевдоцветах. Выполнена в ИППИ АН СССР

Рис. 36. Обработка фотографии, аналогичной рис. 35, в псевдоцветах. Выполнена в ИППИ АН СССР



На рис. 31 приведены последовательные фотографии заходящего Солнца (подобные снимки использовались учеными ИФА АН СССР), на которых видно изображение диска Солнца, сплющенное за счет рефракции лучей в атмосфере (в данном случае на участке атмосферы со значительной облачностью). На среднем снимке заметна дополнительная деформация лимба Солнца в виде «ступеньки», возникшая вследствие сложной температурной аномалии в атмосфере. Для обнаружения таких аномалий не в дневной, а в ночной атмосфере проводятся киносъемки Луны. Отдельные кадры кинограммы захода Луны приведены на рис. 32. Здесь тоже ясно видно, как сплющивается изображение Луны под воздействием рефракции, хорошо заметны температурные аномалии в виде ступенек, изменения яркости и цвета от кадра к кадру за счет экстинкции (поглощения и рассеяния лучей в атмосфере).

Другой метод исследования атмосферы заключается в наблюдении и фотографировании ее сумеречной зоны, что позволяет выявить распределение аэрозоля по высоте (рис. 33), а в случае съемок в районе терминатора проводить раз-

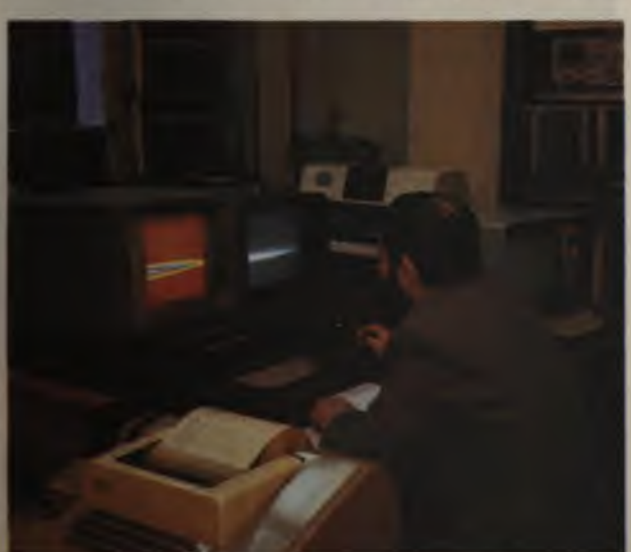


Рис. 37. Автоматизированная система цифровой обработки изображений в ИППИ АН СССР

Рис. 38. Зодиакальный свет и эмиссионное свечение атмосферы

Рис. 39. Обработка фотографии на рис. 38 в псевдоцветах, выполненная в ИППИ АН СССР

дельное изучение зон однократного и многократного рассеяния в атмосфере (рис. 35)*.

На рис. 33 обращают на себя внимание синие полосы, являющиеся признаком сложных химических реакций в атмосфере, а на рис. 35 — дополнительные «перья», создающие эффект вертикально-лучевой структуры перед восходом Солнца.

Обработка снимков на Земле проводится с

* Подробнее об этом см. статью Г. М. Гречко «Околоземное пространство глазами космонавта» в ежегоднике «Наука и человечество. 1982». — *Ред.*

Рис. 40. Экваториальное свечение ионосферы (в плоскости орбиты)

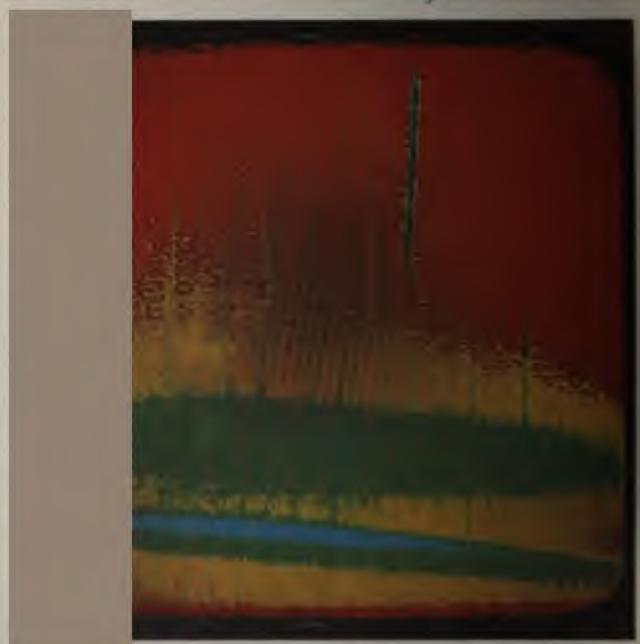


Рис. 41. Обработка фотографии, аналогичной рис. 40, в псевдоцветах. Выполнена в ИППИ АН СССР

использованием современных ЭВМ. Специалисты Института проблем передачи информации АН СССР на созданной в нем автоматизированной системе цифровой обработки изображений (рис. 37) выделяют на них условными цветами (псевдоцветами) области равной яркости, что позволяет достаточно быстро и просто вести количественные расчеты распределения различных атмосферных составляющих по высоте. Примеры такой первичной обработки фотографий — рис. 34, 36, 39, 41.

Рис. 38 воспроизводит уникальную фотографию, на которой одновременно видны зодиакальный свет, клин зари, эмиссионный слой на высоте порядка 100 км (зеленая дуга), слой свечения ионосферы F_2 на высоте порядка 300 км (красная дуга), ночная подстилающая поверхность Земли. Обрабатывая такие снимки (см. рис. 39), ученые оценивают яркость свечения и, используя другие данные о состоянии ионосферы, солнечной активности и т. д., разрабатывают модель верхней атмосферы Земли.

Рис. 40, 42, 43 — демонстрационные фотографии красного экваториального свечения в слое F_2 ионосферы. Хорошо видно также зеленое свечение слоя E ионосферы. Снимки сделаны с длительной (минуты) выдержкой. В том случае когда ось фотоаппарата лежит в плоскости орбиты, треки звезд (см. рис. 40) представляют собой отрезки прямой, перпендикулярные линии горизонта. Заметно, что треки звезд пересекают практически без уменьшения яркости эмиссионные

На рис. 31 приведены последовательные фотографии заходящего Солнца (подобные снимки использовались учеными ИФА АН СССР), на которых видно изображение диска Солнца, сплющенное за счет рефракции лучей в атмосфере (в данном случае на участке атмосферы со значительной облачностью). На среднем снимке заметна дополнительная деформация лимба Солнца в виде «ступеньки», возникшая вследствие сложной температурной аномалии в атмосфере. Для обнаружения таких аномалий не в дневной, а в ночной атмосфере проводятся киносъемки Луны. Отдельные кадры киноленты захода Луны приведены на рис. 32. Здесь тоже ясно видно, как сплющивается изображение Луны под воздействием рефракции, хорошо заметны температурные аномалии в виде ступенек, изменения яркости и цвета от кадра к кадру за счет экстинкции (поглощения и рассеяния лучей в атмосфере).

Другой метод исследования атмосферы заключается в наблюдении и фотографировании ее сумеречной зоны, что позволяет выявить распределение аэрозоля по высоте (рис. 33), а в случае съемок в районе терминатора проводить раз-

Рис. 37. Автоматизированная система цифровой обработки изображений в ИППИ АН СССР

Рис. 38. Зодиакальный свет и эмиссионное свечение атмосферы

Рис. 39. Обработка фотографии на рис. 38 в псевдоцветах, выполненная в ИППИ АН СССР

дельное изучение зон однократного и многократного рассеяния в атмосфере (рис. 35)*.

На рис. 33 обращают на себя внимание синие полосы, являющиеся признаком сложных химических реакций в атмосфере, а на рис. 35 — дополнительные «перья», создающие эффект вертикально-лучевой структуры перед восходом Солнца.

Обработка снимков на Земле проводится с

* Подробнее об этом см. статью Г. М. Гречко «Околоземное пространство глазами космонавта» в ежегоднике «Наука и человечество. 1982». — *Ред.*

Сергей Александрович УШАКОВ (р. 1934) — геолог-геофизик, специалист в области геофизических исследований земной коры и теории тектоники литосферных плит, доктор геолого-минералогических наук, директор научно-исследовательского и учебного Музея землеведения МГУ. Родился в Ташкенте. В 1956 окончил геологический факультет МГУ. В 1961 защитил кандидатскую, в 1967 — докторскую диссертации. С 1961 по 1979 работал на кафедре геофизики МГУ сначала в должности младшего, а затем старшего научного сотрудника. С 1980 — профессор кафедры геоморфологии географического факультета МГУ. С. А. Ушаков — участник антарктических экспедиций, почетный полярник. Он автор свыше 150 научных работ, в том числе ряда монографий. В настоящее время под его руководством в содружестве с геофизиками ГДР проводятся геодинамические исследования эволюции земной коры рифтовых зон и континентальных окраин в связи с перспективами их нефтегазоносности.

СЕРГЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ УШАКОВ

От гипотезы дрейфа материков к теории глобальной тектоники

Новые факты, полученные геологической наукой за последние 15—20 лет, внесли коренные изменения во многие представления, казавшиеся ранее фундаментальными.

Космическое землеведение и геолого-геофизические исследования морского дна позволили по-новому понять развитие Земли. Сформировалась новая теория тектоники, согласно которой на поверхности нашей планеты перемещается 8—9 больших плит литосферы — верхней наиболее холодной, кристаллической, а поэтому твердой и хрупкой оболочки Земли. Эта теория дала мощный толчок быстрому развитию общей теории эволюции нашей планеты — глобальной тектоники.

Теория тектоники литосферных плит представляет собой развитие родившейся еще в начале XX в. гипотезы дрейфа материков.

Гипотеза дрейфа материков

Понятие «земная твердь» прочно вошло в повседневное сознание людей. Поэтому с самого зарождения геологии как самостоятельной науки в ней сформировалось и многие годы господствовало представление о невозможности значительных горизонтальных перемещений крупных геологических тел, а тем более целых материков. Теоретическим фундаментом геологии на протяжении более чем полувека служила контракционная гипотеза, объяснявшая горообразование остыванием Земли и сокращением ее радиуса. Но геологические аргументы, накопленные к началу XX в. (и прежде всего установление областей, расположенных буквально «по соседству», в одной из которых происходило сжатие земной коры, тогда как в другой в то же самое время — растяжение), подорвали престиж этой гипотезы. Главной же причиной крушения контракционной гипотезы было открытие радиоактивности и обнаружение в континентальной земной коре значительного количества радиоактивных элементов. (Правда, как мы теперь понимаем, это представление о высоких концентрациях было в начале нашего века неоправданно распространено на всю Землю. Следствием явилось предположение, что наша планета не только не остывает, но даже продолжает разогреваться.) Крушение гипотезы контракции привело к общему кризису в теоретической геологии. Многочисленные попытки спасти красивую и, казалось бы, естественную гипотезу не увенчались успехом.

Именно в это время появились две статьи американского геолога Ф. Тейлора (*Taylor*, 1910) и немецкого геофизика А. Вегенера (*Wegener*, 1912). В этих работах допускалась возможность крупных горизонтальных перемещений континентальных массивов. Так в теоретической геологии родилось новое направление — мобилизм.

Гипотезу дрейфа материков обычно связывают с именем А. Вегенера, который наиболее полно разработал эту идею к концу 20-х годов. Прежде всего он был поражен удивительным сходством очертаний окраин континентов, ныне разделенных Атлантическим океаном.

Анализ относительного распределения по площади высот суши и глубин моря позволил А. Вегенеру выдвинуть предположение (которое в настоящее время полностью подтвердилось) о том, что в среднем составы континентальных пород и пород, слагающих дно океана, существенно различны. Материки сложены более легкими, преимущественно гранито-гнейсовыми породами (сиаль), в составе которых преобладают кремний и алюминий; дно океана сложено более тяжелым веществом (симой), состоящим в значительной степени из кремния и магния. На этой основе А. Вегенер создал простую, достаточно наглядную и для того времени правдоподобную модель строения верхней оболочки Земли. Согласно этой модели более легкие материки в виде толстых (до 100 км и более) сиалических плит погружены в пластичную тяжелую симу, где и плавают подобно айсбергам в океане.

Для подтверждения своей гипотезы А. Веге-

Сергей Александрович УШАКОВ (р. 1934) — геолог-геофизик, специалист в области геофизических исследований земной коры и теории тектоники литосферных плит, доктор геолого-минералогических наук, директор научно-исследовательского и учебного Музея землеведения МГУ. Родился в Ташкенте. В 1956 окончил геологический факультет МГУ. В 1961 защитил кандидатскую, в 1967 — докторскую диссертации. С 1961 по 1979 работал на кафедре геофизики МГУ сначала в должности младшего, а затем старшего научного сотрудника. С 1980 — профессор кафедры геоморфологии географического факультета МГУ. С. А. Ушаков — участник антарктических экспедиций, почетный полярник. Он автор свыше 150 научных работ, в том числе ряда монографий. В настоящее время под его руководством в содружестве с геофизиками ГДР проводятся геодинамические исследования эволюции земной коры рифтовых зон и континентальных окраин в связи с перспективами их нефтегазоносности.

Южной Америке, Африке, Индии и Австралии. В конце 50-х — начале 60-х годов бесспорные следы позднепалеозойского покровного оледенения были найдены и в Антарктиде. Трудно себе представить покровное оледенение в Бразилии, Африке и Индостане в пермское и карбоновое время при современном расположении материков, тем более что в том же самом карбоне (около 300 млн. лет назад) на юге и в центре нынешней Русской платформы отлагались известняки теплого моря, а найденные в Предуралье коралловые острова в то время изобиловали тропической фауной.

Простота и наглядность предложенной А. Вегенером модели движения материковых глыб, а главное — убедительность приводимых в защиту гипотезы дрейфа континентов фактических геологических данных, позволили этой гипотезе в 20-е годы быстро завоевать широкую известность. Но вслед за первым успехом мобилистской гипотезы, после трагической гибели ее автора в 1930 г. во льдах Гренландии, началось быстрое охлаждение к ней «здравомыслящего» геологического сообщества. Начало критическому отношению положили геофизики; крупнейший английский геофизик-теоретик Х. Джефрис (Jeffreys) количественно оценил предложенную Ф. Тейлором и А. Вегенером «центробежную» модель дрейфа и показал, что центробежная сила на 2—3 порядка меньше той величины, которая необходима для преодоления прочности земной коры и смещения континентальных массивов.

Другой удар нанесли геологи; они привели достаточно много аргументов, свидетельствующих, что наиболее существенный процесс образования континентальной коры, происходящий в островных дугах, имеет явно глубинную природу и не связан с внешними силами, которыми первые мобилисты объясняли механизм перемещения материков. И снова геофизики: они открыли зоны глубоких (до 600 км) очагов землетрясений под островными дугами, которые стали трактовать как расколы твердой и прочной мантии, следовательно (при такой трактовке), не могло быть и речи о каких-либо перемещениях континентальной коры относительно мантии.

Критические аргументы были настолько убедительными, что к началу 40-х годов гипотеза растеряла почти всех своих сторонников, и в 50-х годах абсолютному большинству геологов казалось, что она имеет лишь историческое значение.

Тектоника литосферных плит

В самом начале 60-х годов американский геолог Г. Хесс (*Hess*) высказал предположение, что горячее, частично расплавленное мантийное вещество поднимается вдоль рифтовых трещин, которые в ту пору были впервые трассированы по сейсмологическим данным в виде единой мировой системы осевых зон пологих и обширных подводных хребтов. Поднимаясь из глубоких недр под такими хребтами, мантийное вещество согласно модели Хесса должно растекаться в разные стороны от оси хребта и «растаскивать» океаническое дно в разные стороны. Кроме того, поднимающееся расплавленное мантийное вещество заполняет рифтовую трещину, застывает в ней, а затем, разрываясь примерно посредине, наращивает таким образом расходящиеся края океанической коры*.

В то же самое время появились новые убедительные геофизические доказательства перемещения материков, связанные с палеомагнетизмом древних пород. Первые же палеомагнитные исследования (П. Блеккет — *Blackett* и С. Ранкорн — *Runcorn*, Англия, 1962; Э. Ирвинг — *Irving*, США, 1964; А. Храмов, 1967) подтвердили вегенеровские реконструкции распада Пангеи.

В начале 60-х годов появились и сильные палеомагнитные доказательства разрастания океанического дна, полученные на основании анализа природы полосчатого аномального магнитного поля. Оказалось, что эти аномалии симметричны по отношению к гребням срединно-океанических хребтов, и каждая половина симметричной картины с хорошей точностью повторяет порядок чередования намагниченности континентальных пород по мере увеличения их возраста. К тому времени было установлено, что изменения намагниченности континентальных пород связаны с изменениями направления магнитного поля нашей планеты: за последние несколько миллионов лет магнитные полюса Земли меняли свою полярность свыше 20 раз. Для объяснения природы полосчатого аномального магнитного поля океана было высказано много гипотез. Справедливой оказалась модель английских ученых Ф. Вайна (*Vine*) и Д. Мэттюза (*Matthews*) (1963), которые предположили, что эти аномалии есть не что иное, как запись инверсий магнитного поля Земли в геологическом прошлом на гигантской природной «магнитофонной ленте» — океанической коре, которая, застывая в рифтовой трещине, рвется в ней примерно посредине, и каждая половина раздвигается в стороны от места своего рождения. Определив порядок чередования и время каждой инверсии, можно по рисунку аномалий установить возраст дна океана. Эта интерпретация, проверенная данными глубоководного бурения, убедительно показала геологическую молодость океанического дна. Возраст пород в рифтовых трещинах буквально современный, на флангах срединно-океанических

* См. статью Г. Б. Удинцова «Рифтовые зоны океанов» в ежегоднике «Наука и человечество. 1969». — *Ред.*

хребтов — 80—100 млн. лет, а самой древней океанической коре не более 150—160 млн. лет, что составляет всего $^1/_{30}$ от возраста нашей планеты.

Теперь хорошо известно, что раскол Пангеи произошел около 160—170 млн. лет назад, когда Африка откололась от Северной Америки. По мере их удаления друг от друга начала образовываться и расширяться впадина Северной Атлантики. Полярная и субполярная области Атлантического океана начали развиваться лишь 60—65 млн. лет назад, когда раскололась Лавразия — Северная Америка отделилась от Гренландии, а Гренландия от Европы. Южная Америка откололась от Африки 120—130 млн. лет назад, положив начало разрастанию южноатлантической впадины. Рубеж юрского и мелового времени — это рубеж распада Гондваны. В это же время Индостан откололся от Африки и Антарктиды и начал свой стремительный путь к северу; тогда же началось разрастание современного Индийского океана. Последний раскол остатков Гондваны — разделение Антарктиды и Австралии — произошел в раннем кайнозое, всего 60—65 млн. лет назад.

Так палеомагнитные исследования континентальных пород и аномального магнитного поля океана не только полностью подтвердили аргументы ранних мобилистов, но и позволили выявить детальные черты геометрии взаимного перемещения литосферных плит в процессе разрастания геологически молодых впадин Атлантического и Индийского океанов.

Как мы уже упоминали, геофизиками было установлено, что глубина очагов землетрясений под островными дугами достигает нескольких сотен километров; они группируются в сравнительно узкие (до 100 км) сейсмофокальные зоны. Еще в начале 30-х годов голландский геофизик Ф. Венинг- Мейнес (*Weining-Meines*), а в середине 40-х советский геолог академик В. Заварицкий интерпретировали эти зоны как результат вдавливания или пододвигания океанической литосферы под материковую. Но, повторим, в то время большинство геофизиков и геологов традиционно трактовали глубинные сейсмофокальные зоны как расколы жесткой мантии. Только в конце 60-х годов американцы Л. Сайкс (*Sykes*), Ж. Оливер (*Oliver*), Б. Айсекс (*Isacks*), анализируя сейсмологические данные, убедительно показали, что глубинные сейсмофокальные зоны под островными дугами действительно по своим упругим параметрам представляют плиты, более жесткие, чем окружающая мантия, и уходящие на глубину под разными углами.

Другим ярким доказательством погружения океанической литосферы в мантию под островными дугами служит рельеф дна. В конце 20-х — начале 30-х годов было установлено, что глубоководные желоба и невулканические гряды островных дуг далеки от равновесия; для того чтобы их удерживать в таком состоянии, литосфера должна обладать прочностью порядка 1000 кг·см$^{-2}$, что соответствует условно-мгновенной прочности кристаллических горных пород на скалывание. Отсюда автором данной статьи был сделан вывод (1968), что нескомпенсированные структуры островных дуг могут длительно существовать только при условии перераспределения напряжений в процессе пододвигания одной плиты под другую, т. е. они представляют собой поверхностное проявление динамики конвергентных (сходящихся) краев плит.

Еще один тип границ литосферных плит был впервые выделен в середине 60-х годов канадцем Дж. Т. Уилсоном (*Wilson*) — это так называемые трансформные разломы, вдоль которых края плит скользят без значительного раздвигания или пододвигания.

Таким образом, к концу 60-х годов были сформулированы основные положения тектоники литосферных плит. А именно: на поверхности нашей планеты перемещается ансамбль плит литосферы — верхней наиболее холодной оболочки Земли, в пределах которой все компоненты находятся в кристаллическом состоянии. Поэтому только литосфера обладает конечной длительной прочностью и хрупким разрушением — разрывы литосферы приводят к землетрясениям. Иными словами, с позиций механики литосфера и является корой Земли. Нижняя ее граница определяется температурой кристаллизации (или плавления) базальтов; начало их плавления — фазовый переход литосферы в астеносферу (неустойчивую сферу). Верхняя граница литосферы определяет лик нашей планеты.

Наиболее существенные геологические процессы происходят на боковых границах плит. Эти границы делятся на три главных типа.

Первый — это дивергентные края плит; здесь в образующуюся трещину поступает расплавленное мантийное вещество, которое, достигая поверхности, застывает и образует новую океаническую литосферу. Раскол континентальной литосферы и раздвижение краев двух материков дает начало образованию между ними нового океана.

Другой тип границ — это конвергентные, которые, в свою очередь, можно разделить на два подтипа. Первый — когда океаническая плита сталкивается с другой плитой (океанической или континентальной) и погружается в мантию. Такое погружение приводит к образованию глубоководных желобов и островных дуг (например, Курильской) или активных, вулканических континентальных окраин (андийская окраина Южной Америки, восточная окраина Камчатки и др.). Второй подтип можно наблюдать там, где сталкиваются континентальные края плит. Существенно более легкая, чем мантия, континенталь-

Южной Америке, Африке, Индии и Австралии. В конце 50-х — начале 60-х годов бесспорные следы позднепалеозойского покровного оледенения были найдены и в Антарктиде. Трудно себе представить покровное оледенение в Бразилии, Африке и Индостане в пермское и карбоновое время при современном расположении материков, тем более что в том же самом карбоне (около 300 млн. лет назад) на юге и в центре нынешней Русской платформы отлагались известняки теплого моря, а найденные в Предуралье коралловые острова в то время изобиловали тропической фауной.

Простота и наглядность предложенной А. Вегенером модели движения материковых глыб, а главное — убедительность приводимых в защиту гипотезы дрейфа континентов фактических геологических данных, позволили этой гипотезе в 20-е годы быстро завоевать широкую известность. Но вслед за первым успехом мобилистской гипотезы, после трагической гибели ее автора в 1930 г. во льдах Гренландии, началось быстрое охлаждение к ней «здравомыслящего» геологического сообщества. Начало критическому отношению положили геофизики; крупнейший английский геофизик-теоретик Х. Джефрис (Jeffreys) количественно оценил предложенную Ф. Тейлором и А. Вегенером «центробежную» модель дрейфа и показал, что центробежная сила на 2—3 порядка меньше той величины, которая необходима для преодоления прочности земной коры и смещения континентальных массивов.

Другой удар нанесли геологи; они привели достаточно много аргументов, свидетельствующих, что наиболее существенный процесс образования континентальной коры, происходящий в островных дугах, имеет явно глубинную природу и не связан с внешними силами, которыми первые мобилисты объясняли механизм перемещения материков. И снова геофизики: они открыли зоны глубоких (до 600 км) очагов землетрясений под островными дугами, которые стали трактовать как расколы твердой и прочной мантии, следовательно (при такой трактовке), не могло быть и речи о каких-либо перемещениях континентальной коры относительно мантии.

Критические аргументы были настолько убедительными, что к началу 40-х годов гипотеза растеряла почти всех своих сторонников, и в 50-х годах абсолютному большинству геологов казалось, что она имеет лишь историческое значение.

Тектоника литосферных плит

В самом начале 60-х годов американский геолог Г. Хесс (*Hess*) высказал предположение, что горячее, частично расплавленное мантийное вещество поднимается вдоль рифтовых трещин, которые в ту пору были впервые трассированы по сейсмологическим данным в виде единой мировой системы осевых зон пологих и обширных подводных хребтов. Поднимаясь из глубоких недр под такими хребтами, мантийное вещество согласно модели Хесса должно растекаться в разные стороны от оси хребта и «растаскивать» океаническое дно в разные стороны. Кроме того, поднимающееся расплавленное мантийное вещество заполняет рифтовую трещину, застывает в ней, а затем, разрываясь примерно посредине, наращивает таким образом расходящиеся края океанической коры*.

В то же самое время появились новые убедительные геофизические доказательства перемещения материков, связанные с палеомагнетизмом древних пород. Первые же палеомагнитные исследования (П. Блеккет — *Blackett* и С. Ранкорн — *Runcorn*, Англия, 1962; Э. Ирвинг — *Irving*, США, 1964; А. Храмов, 1967) подтвердили вегенеровские реконструкции распада Пангеи.

В начале 60-х годов появились и сильные палеомагнитные доказательства разрастания океанического дна, полученные на основании анализа природы полосчатого аномального магнитного поля. Оказалось, что эти аномалии симметричны по отношению к гребням срединно-океанических хребтов, и каждая половина симметричной картины с хорошей точностью повторяет порядок чередования намагниченности континентальных пород по мере увеличения их возраста. К тому времени было установлено, что изменения намагниченности континентальных пород связаны с изменениями направления магнитного поля нашей планеты: за последние несколько миллионов лет магнитные полюса Земли меняли свою полярность свыше 20 раз. Для объяснения природы полосчатого аномального магнитного поля океана было высказано много гипотез. Справедливой оказалась модель английских ученых Ф. Вайна (*Vine*) и Д. Мэттюза (*Matthews*) (1963), которые предположили, что эти аномалии есть не что иное, как запись инверсий магнитного поля Земли в геологическом прошлом на гигантской природной «магнитофонной ленте» — океанической коре, которая, застывая в рифтовой трещине, рвется в ней примерно посредине, и каждая половина раздвигается в стороны от места своего рождения. Определив порядок чередования и время каждой инверсии, можно по рисунку аномалий установить возраст дна океана. Эта интерпретация, проверенная данными глубоководного бурения, убедительно показала геологическую молодость океанического дна. Возраст пород в рифтовых трещинах буквально современный, на флангах срединно-океанических

* См. статью Г. Б. Удинцова «Рифтовые зоны океанов» в ежегоднике «Наука и человечество. 1969». — *Ред.*

Теперь геологи стали понимать, что непосредственно из мантии рождается лишь океаническая кора — в рифтовых трещинах срединно-океанических хребтов. Континентальная кора представляет собой продукт вторичной переработки и переплавления океанической коры в местах, где происходит погружение в мантию океанических плит. Когда океаническая кора переплавляется, слагающие ее породы теряют воду, часть кремнезема, щелочные металлы, глинозем и некоторые другие подвижные соединения и элементы. Все эти компоненты в виде богатых водой и кремнеземом магм поднимаются на поверхность наползающего края плиты, образуя вулканические цепи островных дуг и континентальных окраин.

На основании принципиально различных по своей физической природе данных удалось представить картину «мгновенного» движения главных литосферных плит (характерное время такого «мгновенного» движения в геологическом масштабе составляет несколько миллионов лет).

Математической основой для этого служит известная теорема Эйлера, которая гласит, что произвольное перемещение твердого тела с некоторой неподвижной, расположенной внутри тела точкой можно представить как результат вращения относительно фиксированной оси, проходящей через эту точку. Применяя теорему Эйлера к «мгновенному» перемещению литосферных плит по поверхности сферической Земли, получаем, что это перемещение (при условии, что плита в некотором приближении ведет себя как жесткое тело) можно описать вращением с некой угловой скоростью вокруг оси, проходящей через центр Земли. Следовательно, описание геометрии перемещения плит базируется на предположении об относительной жесткости каждой плиты.

Проверка этого предположения и вытекающих из него следствий впервые была выполнена еще в 1968 г. У. Морганом (*Morgan,* США) и К. Ле Пишоном (*Le Pichon,* Франция). При расчете первой глобальной модели «мгновенной» кинематики 6 наиболее крупных плит Ле Пишон использовал 30 значений относительных скоростей на дивергентных границах плит и 30 направлений смещений, определенных по простираниям трансформных разломов. Дж. Минстер (*Minster,* США) и др. (1974) при расчете своей кинематической модели 10 плит использовали около 200 исходных величин, добавив около 100 направлений смещений на границах плит.

При построении нашей кинематической модели 12 плит (С. А. Ушаков, Ю. И. Галушкин, 1978) было использовано 300 исходных значений скоростей и направлений смещений на границах плит. Результаты во всех моделях получились достаточно близкими. Тектоника плит позволила впервые в геологической науке получить количественную воспроизводимость глобальной модели природного процесса.

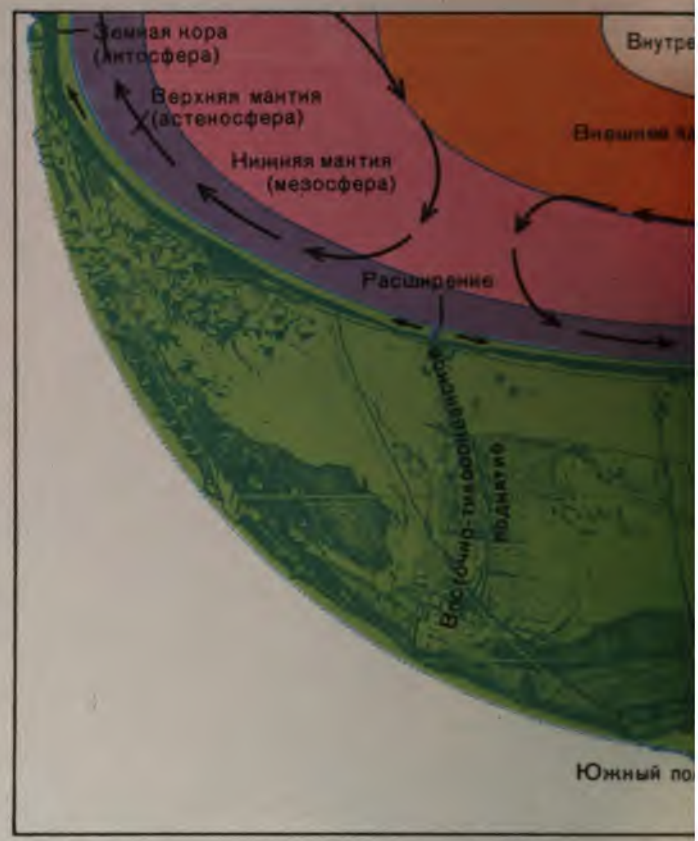
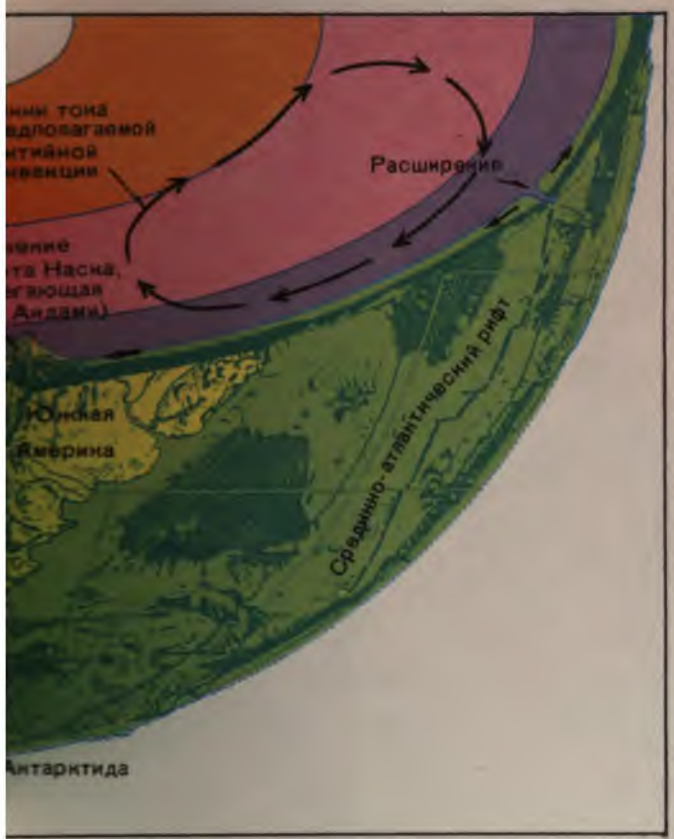


Рис. 3. Движение плит в результате мантийной конвекции (схема)

Используя данные об относительном движении плит, можно попытаться оценить их «абсолютное» движение в системе координат, не связанной с самими плитами. Такую систему, основанную на «горячих пятнах» (областях аномально высокого плавления) в мантии, удалось создать. В этой модели предполагается, что пояса подводных вулканических хребтов и наземных щелочных базальтов образовывались при прохождении плиты (океанической или континентальной) над «горячим пятном». Такое «пятно» создает область ослабленной литосферы, там концентрируются напряжения, образуются трещины и проявляется вулканизм. Считая «пятна» неподвижными относительно друг друга, можно по простиранию вулканических хребтов (подводных или наземных) определить «абсолютные» направления и скорость движения плиты.

Наша (Ушаков, Галушкин, 1978) и предыдущая (Минстер и др., 1974) модели включали 20 направлений простирания линейных поясов подводных гор и наземных щелочных вулканических провинций. Результаты показали, что предположение об относительной неподвижности «горячих пятен» за интервал времени порядка нескольких



миллионов лет, по-видимому, справедливо и систему координат, привязанную к «пятнам», в первом приближении можно считать абсолютной.

Наиболее высокие скорости в этой системе координат у океанических литосферных плит; они перемещаются в 3—7 раз быстрее, чем те плиты, значительную часть которых составляют материки. Так, например, Тихоокеанская плита в районе Гавайских островов движется в северо-западном направлении с линейной скоростью около 10 см/год. Это самая быстрая из всех плит; Антарктическая и Евроазиатская — самые медленные (рис. 2).

Таким образом, полученная на основании геомагнитных, геоморфологических и сейсмологических данных количественная глобальная замкнутая модель «мгновенной» кинематики литосферных плит принципиально отличает современную мобилистскую теорию, которая развилась на основе гипотезы А. Вегенера о дрейфе материков, от всех предшествующих геотектонических гипотез, объяснявших геологические процессы лишь на качественном уровне. Этот факт делает тектонику литосферных плит надежной основой для разработки фундаментальной теории образования и эволюции коры Земли. Поэтому тектонику литосферных плит следует рассматривать как составную часть более общей теории — глобальной тектоники.

Глобальная тектоника

Согласно современным представлениям, в основу которых положена космогоническая гипотеза О. Ю. Шмидта, Земля (как и остальные планеты Солнечной системы) образовалась путем аккреции вещества холодного протопланетного газопылевого облака, некогда окружавшего Солнце. Такой процесс должен был привести к образованию первоначально достаточно однородной по составу и сравнительно холодной Земли; по оценкам В. С. Сафронова (1969) средняя температура разогрева первичной Земли в результате соударения самых крупных кусков протопланетного облака (планетоземалей) не могла подняться выше 1000—1200°С.

Сейчас наша планета расслоена на оболочки. Важнейшие из них — литосфера, мантия, простирающаяся до глубины почти 2900 км, и тяжелое ядро, разделенное на жидкое внешнее и, вероятно, застывшее, но достаточно горячее внутреннее.

Согласно последним оценкам А. С. Монина, О. Г. Сорохтина и др. (1975, 1979) расслоение нашей планеты на тяжелое ядро и более легкую мантию — мощнейший источник выделения тепла внутри Земли. С момента ее образования и до настоящего времени этот энергетический источник дал $(1{,}5—1{,}6)\cdot 10^{38}$ эрг, тогда как суммарная величина энергии, выделившейся за счет распада радиоактивных источников за все время жизни Земли, оценивается в $(0{,}4 — 0{,}9)\cdot 10^{38}$ эрг (оценка по нижнему пределу представляется нам более правдоподобной). Тепловыделение при замедлении вращения за счет приливного трения оценить трудно. Оценка по верхнему пределу дает величину не более $0{,}2\cdot 10^{38}$ эрг, при этом основная доля всей приливной энергии, вероятно, выделилась за первые полмиллиарда лет жизни Земли. Для сравнения заметим, что сейчас полная кинетическая энергия вращения Земли вокруг своей оси лишь немногим более $0{,}02\cdot 10^{38}$ эрг.

Эти энергетические оценки позволяют предположить, что избыточное тепло выносится с помощью конвекции при образовании новой океанической литосферы в рифтовых трещинах (С. А. Ушаков, И. И. Федынский, 1973). Или, попросту говоря, перемещение ансамбля литосферных плит (а как следствие — дрейф материков в составе разных плит) есть результат спасения Землей себя от перегрева теплом, выделяющимся при гравитационной дифференциации ее недр.

Считая процесс выделения земного ядра главным движущим механизмом эволюции Земли, О. Г. Сорохтин (1974, 1979) предложил современную химическую модель состава и глобальной эволюции нашей планеты. Плотность образцов различных материалов, сжатых взрывами до давлений, существующих в центральной области

Теперь геологи стали понимать, что непосредственно из мантии рождается лишь океаническая кора — в рифтовых трещинах срединно-океанических хребтов. Континентальная кора представляет собой продукт вторичной переработки и переплавления океанической коры в местах, где происходит погружение в мантию океанических плит. Когда океаническая кора переплавляется, слагающие ее породы теряют воду, часть кремнезема, щелочные металлы, глинозем и некоторые другие подвижные соединения и элементы. Все эти компоненты в виде богатых водой и кремнеземом магм поднимаются на поверхность наползающего края плиты, образуя вулканические цепи островных дуг и континентальных окраин.

На основании принципиально различных по своей физической природе данных удалось представить картину «мгновенного» движения главных литосферных плит (характерное время такого «мгновенного» движения в геологическом масштабе составляет несколько миллионов лет).

Математической основой для этого служит известная теорема Эйлера, которая гласит, что произвольное перемещение твердого тела с некоторой неподвижной, расположенной внутри тела точкой можно представить как результат вращения относительно фиксированной оси, проходящей через эту точку. Применяя теорему Эйлера к «мгновенному» перемещению литосферных плит по поверхности сферической Земли, получаем, что это перемещение (при условии, что плита в некотором приближении ведет себя как жесткое тело) можно описать вращением с некой угловой скоростью вокруг оси, проходящей через центр Земли. Следовательно, описание геометрии перемещения плит базируется на предположении об относительной жесткости каждой плиты.

Проверка этого предположения и вытекающих из него следствий впервые была выполнена еще в 1968 г. У. Морганом (*Morgan,* США) и К. Ле Пишоном (*Le Pichon,* Франция). При расчете первой глобальной модели «мгновенной» кинематики 6 наиболее крупных плит Ле Пишон использовал 30 значений относительных скоростей на дивергентных границах плит и 30 направлений смещений, определенных по простираниям трансформных разломов. Дж. Минстер (*Minster,* США) и др. (1974) при расчете своей кинематической модели 10 плит использовали около 200 исходных величин, добавив около 100 направлений смещений на границах плит.

При построении нашей кинематической модели 12 плит (С. А. Ушаков, Ю. И. Галушкин, 1978) было использовано 300 исходных значений скоростей и направлений смещений на границах плит. Результаты во всех моделях получились достаточно близкими. Тектоника плит позволила впервые в геологической науке получить количественную воспроизводимость глобальной модели природного процесса.

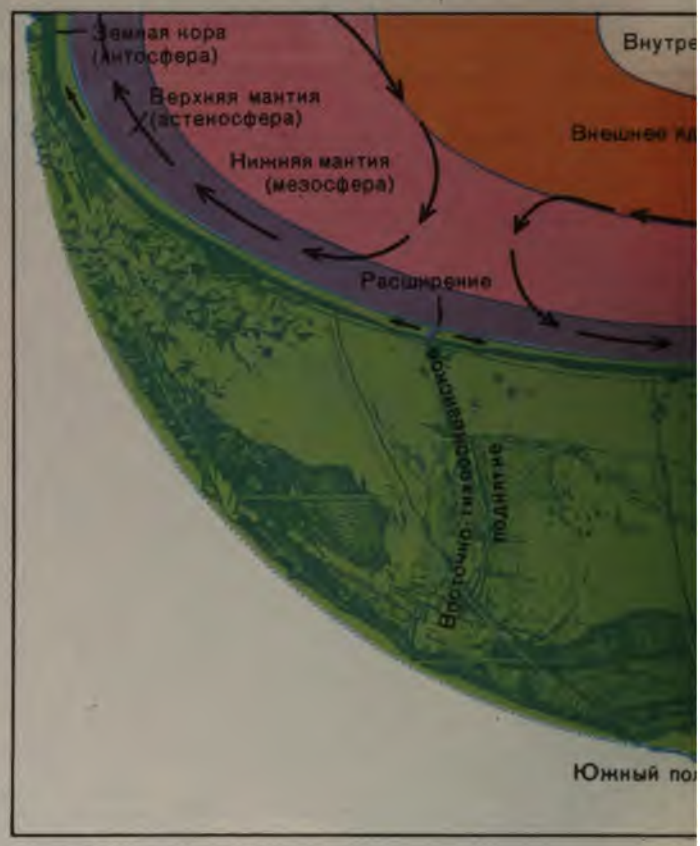
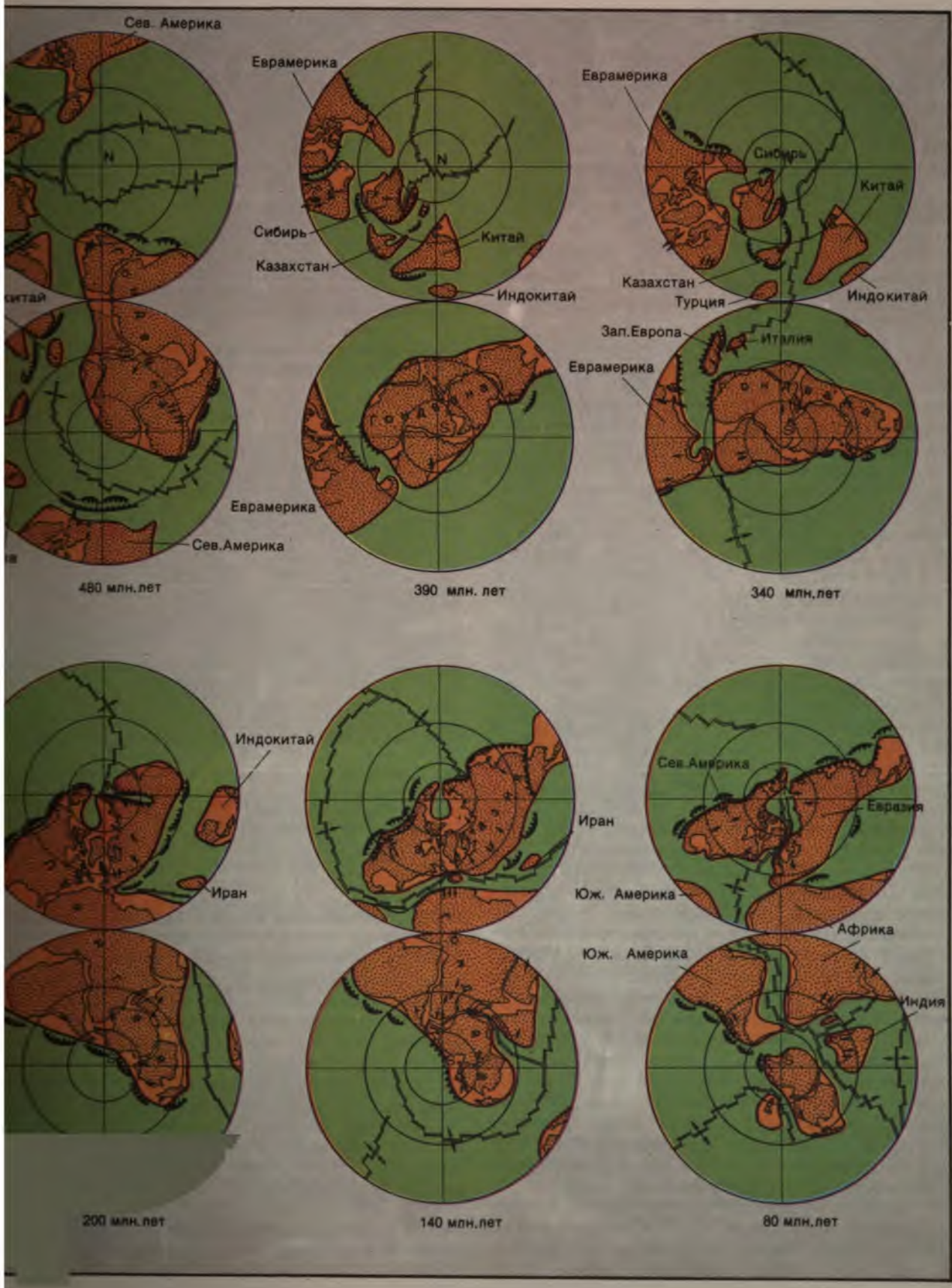


Рис. 3. Движение плит в результате мантийной конвекции (схема)

Используя данные об относительном движении плит, можно попытаться оценить их «абсолютное» движение в системе координат, не связанной с самими плитами. Такую систему, основанную на «горячих пятнах» (областях аномально высокого плавления) в мантии, удалось создать. В этой модели предполагается, что пояса подводных вулканических хребтов и наземных щелочных базальтов образовывались при прохождении плиты (океанической или континентальной) над «горячим пятном». Такое «пятно» создает область ослабленной литосферы, там концентрируются напряжения, образуются трещины и проявляется вулканизм. Считая «пятна» неподвижными относительно друг друга, можно по простиранию вулканических хребтов (подводных или наземных) определить «абсолютные» направления и скорость движения плиты.

Наша (Ушаков, Галушкин, 1978) и предыдущая (Минстер и др., 1974) модели включали 20 направлений простирания линейных поясов подводных гор и наземных щелочных вулканических провинций. Результаты показали, что предположение об относительной неподвижности «горячих пятен» за интервал времени порядка нескольких


Сев. Америка
Еврамерика
Еврамерика
Сибирь
Китай
Казахстан
Индокитай
Казахстан
Турция
Индокитай
Зап.Европа
Италия
Еврамерика
Еврамерика
Сев.Америка
480 млн.лет
390 млн. лет
340 млн.лет
Индокитай
Иран
Иран
Сев.Америка
Евразия
Юж. Америка
Африка
Юж. Америка
Индия
200 млн.лет
140 млн.лет
80 млн.лет

в океаническом полушарии, к области нисходящих, над которой сталкивались и собирались воедино разрозненные материки. В периоды столкновений континентов на них должны были развиваться мощные геологические процессы, подобные тем, которые уже десятки миллионов лет идут в пределах Альпийско-Гималайского горного пояса по мере его формирования.

Возможная физическая природа и схема перестроек мантийной конвекции была рассмотрена А. С. Мониным и О. Г. Сорохтиным (1977). Не исключено, что пространственное расположение материков может, в свою очередь, оказывать определенное влияние на структуру мантийной конвекции.

На выбор между различными теоретическими моделями, объясняющими структуру мантийной конвекции, окажут сильное влияние глобальные реконструкции расположения литосферных плит в различные интервалы геологического прошлого. Для последних 550 млн. лет такие реконструкции на основании геологических и геофизических (палеомагнитных) данных независимо и практически одновременно (в 1978 г.) были выполнены в нашей стране Л. П. Зоненшайном и А. М. Городницким и в Канаде Е. Р. Каиасевичем (*Kanasevich*) и др.; полученные результаты, в общем, достаточно близки, хотя, конечно, в деталях имеются определенные различия (рис. 4).

При глобальных палеотектонических реконструкциях более далекого геологического прошлого приходится учитывать общую тенденцию эволюции Земли. Напомним, что согласно модели, которая рассматривается нами как наиболее вероятная, дифференциация земного вещества происходит главным образом на поверхности ядра. Следовательно, на начальных стадиях развития нашей планеты, когда ее ядро еще только формировалось и было маленьким, и сам процесс дифференциации, и связанные с ним глобальные геологические явления протекали вяло. По мере роста ядра и его поверхности ускорялся и процесс дифференциации, возрастала глобальная тектоническая активность и на некоторой стадии эволюции Земли началось перемещение по ее поверхности литосферных плит. Однако рост ядра и переход в него окислов железа постепенно уменьшали их концентрацию в мантии, что привело к замедлению дифференциации и уменьшению скорости развития других глобальных геологических процессов. В конечном итоге глобальная эволюция нашей планеты должна прекратиться и тогда Земля перейдет в пассивную, подобную современной Луне, стадию медленного остывания путем теплопотерь через постепенно утолщающуюся литосферу.

Задавшись химическим составом первоначальной однородной Земли, О. Г. Сорохтин (1974, 1979) рассчитал характер изменения средней скорости конвективного массообмена в мантии,

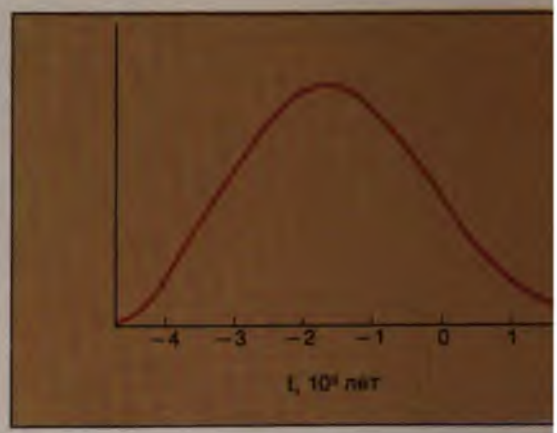


Рис. 5. Средняя скорость конвективного массообмен в мантии Земли. На оси времени *t* точка 0 — настоящ время

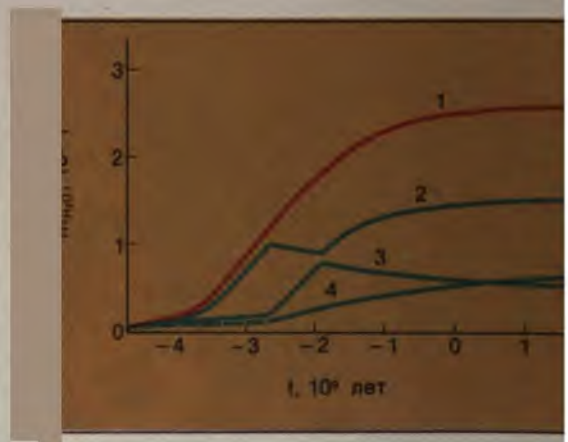
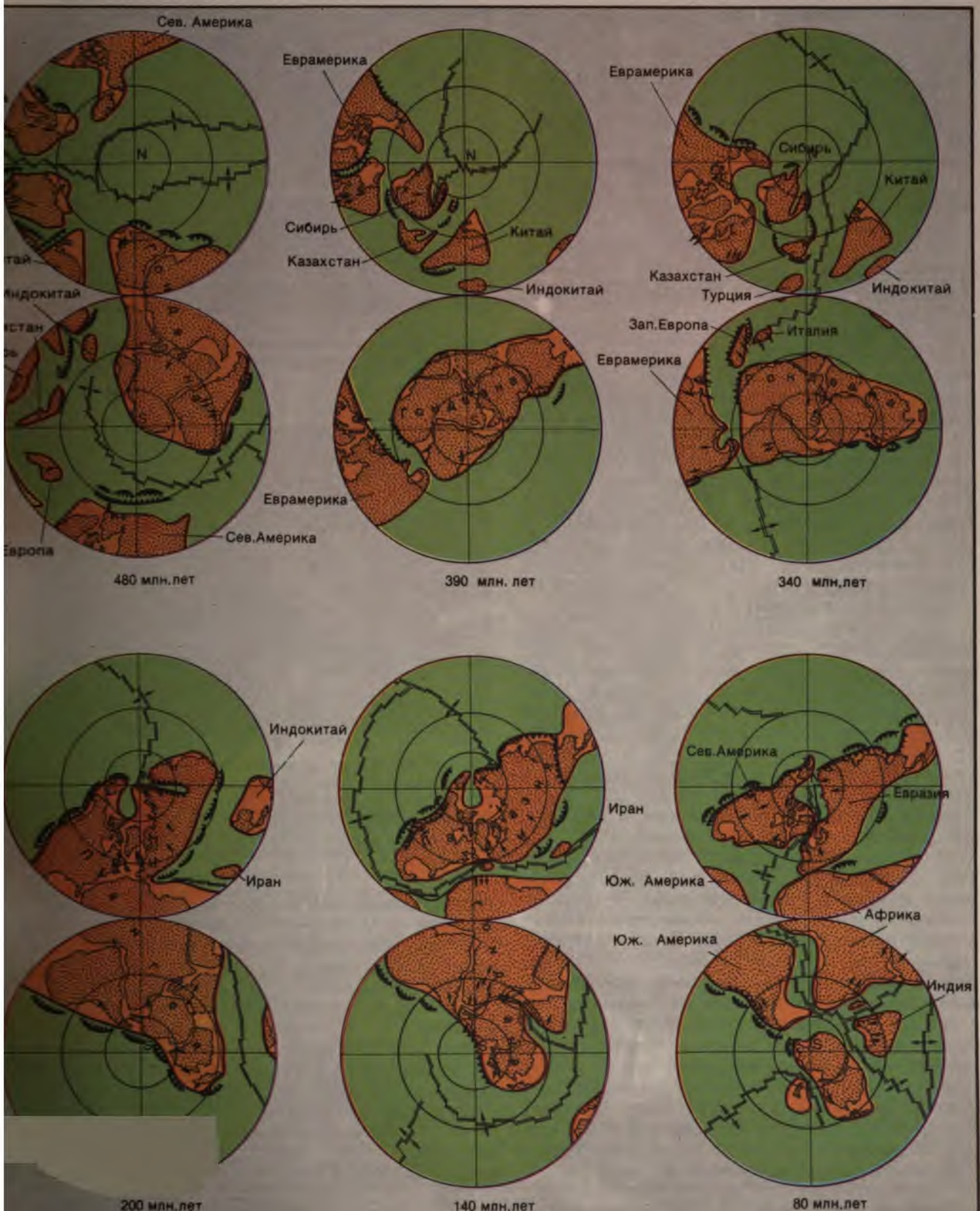


Рис. 6. Изменение во времени массы воды, выделя из недр нашей планеты: *1* — суммарная масса воды, дегазированная из мантии; *2* — масса воды в гидросф ре; *3* — масса связанной воды в породах океаниче ской коры; *4* — то же, в породах континентальной к На оси времени *t* точка 0 — настоящее время

определяющего глобальную тектоническую тивность, а также изменение со временем со мантии и выделение воды в земную кору, г сферу и атмосферу (рис. 5, 6). Эти расчет зволяют предполагать, что перемещение сферных плит должно было начаться не а через 500—700 млн. лет после образо Земли. Как нам представляется, установле на границе архея и катархея линейные скл тые и метаморфические пояса являются ин торами первых столкновений конвергентны ев литосферных плит. Если дальнейшие исс вания подтвердят это предварительное зак ние, то вся геологическая история, начиная хея (3,5 ± 0,15 млрд. лет), должна рассм ваться с учетом крупных горизонтальных мещений этих плит. Максимум глобальной тонической активности наблюдался в инте


Сев. Америка
Еврамерика
Еврамерика
Сибирь
Китай
Казахстан
Индокитай
Сибирь
Китай
Казахстан
Турция
Индокитай
Зап.Европа
Италия
Еврамерика
Еврамерика
Сев.Америка
480 млн.лет
390 млн. лет
340 млн.лет
Индокитай
Иран
Иран
Сев.Америка
Евразия
Юж. Америка
Африка
Юж. Америка
Индия
200 млн.лет
140 млн.лет
80 млн.лет

Ринченгийн БАРСБОЛД
(р. 1935) — монгольский палеонтолог, доктор биологических наук, заведующий лабораторией стратиграфии и палеонтологии Геологического института АН МНР, начальник монгольской части совместной Монголо-Советской палеонтологической экспедиции Академий наук МНР и СССР.
Родился в Улан-Баторе, в 1959 окончил Московский геолого-разведочный институт имени С. Орджоникидзе, в 1969 защитил кандидатскую, а в 1979 — докторскую диссертации о хищных динозаврах Монголии.
В 1963, 1965 и 1970—1971 участвовал в исследованиях Монголо-Польской палеонтологической экспедиции АН МНР и ПАН.
С 1969 на территории МНР начались работы совместной Монголо-Советской палеонтологической экспедиции — крупнейшие комплексные палеонтологические исследования из когда-либо проводившихся в Центральной Азии. Р. Барсболд участвовал в организации работ экспедиции и выполнении обширной программы, включающей одно из главных развиваемых в стране направлений палеонтологии — исследование центральноазиатских динозавровых фаун МНР. В течение многих лет он ведет раскопки в Гоби, в наиболее значительных районах захоронения динозавров и других древних животных — Нэмэгэту, Хермин-цав, Баин-Дзак и др. Палеонтологические исследования последних полутора десятков лет в МНР выдвинули коллекцию монгольских динозавров на одно из первых мест в мире по богатству и разнообразию. Р. Барсболдом проведены исследования в области сравнительной морфологии, систематики, филогении и эволюции хищных динозавров, уточняющие место и роль их центральноазиатских ветвей в историческом развитии динозавровых сообществ в мире.

РИНЧЕНГИЙН БАРСБОЛД

Динозавры из Центральной Азии

Вот уже около 60 лет палеонтологические исследования в МНР (в обширных областях пустыни Гоби) привлекают внимание специалистов и широкой общественности. На памяти старшего поколения — сенсационные палеонтологические открытия в центре Азиатского материка. В начале 1920-х гг. в далекой и малодоступной тогда Гоби были открыты окаменевшие скелеты древних животных — динозавров, млекопитающих, крокодилов, черепах, ящериц. Одной из самых удивительных находок считались ископаемые кладки яиц динозавров.

Все это было результатом исследований Центральноазиатских экспедиций Американского музея естественной истории. Их участники воздали должное академику В. А. Обручеву (СССР), в самом начале своей научной карьеры еще в прошлом столетии (1892 г.) открывшему остатки древнего носорогообразного на юго-востоке Монголии. Это было лишь началом, преддверием неведомого мира в истории Гоби и всей Центральной Азии, первым шагом, раздвигавшим горизонты палеонтологии.

Дальнейшие исследования привели к открытию поразительного многообразия древней органической жизни на территории Центральной Азии. Обширные озерные бассейны и многоводные речные артерии характеризуют меловой период геологической истории на территории Гоби (интервал между 130 млн. и 65 млн. лет назад — время широкого развития динозавров).

Одно из самых крупных «кладбищ» динозавров открыто после второй мировой войны Монгольской палеонтологической экспедицией АН СССР под руководством известного палеонтолога и популярного писателя профессора И. А. Ефремова. Доселе незнакомое слово «Нэмэгэту» — название далекого гобийского хребта на юго-западе МНР и крупнейшего в Евразии захоронения динозавров — ныне звучит как желанный призыв для палеонтологов, в какой бы стране они ни жили (рис. 1).

Находки все умножались, все разнообразнее становились центральноазиатские ветви динозавров, и еле намечаемые вначале связи с родственными фаунами других материков приобретали все большую определенность. Впоследствии особенно ярко проявились связи с Северной Америкой.

Последние 15—20 лет в изучении монгольских динозавров были наиболее плодотворными. Совместные исследования сначала с польскими и далее с советскими учеными сильно расширили ассортимент находок. Особенно большой вклад был внесен сюда при выполнении обширной программы монголо-советских исследований академий наук двух стран. Эти годы характеризуются всеобщим подъемом интереса к палеонтологии, к древнему органическому миру Земли, в немалой мере обусловленного возрастающим вниманием к экологическому состоянию нашей планеты. Широко известное «великое» вымирание динозавров задолго до появления человека на Земле многим кажется теперь каким-то предостережением, напоминающим нам о хрупкости связей живой природы.

Динозавры известны науке почти полтораста лет. Последовательно изучались западноевропейские, североамериканские, африканские и, наконец, позже всех — центральноазиатские динозавры.

Эти удивительные животные с их многообразным обликом появились на Земле 200 млн. лет назад. Наиболее ранние и примитивные ветви чаще находят на южных материках, составлявших некогда суперматерик Гондвану. Во внутренних областях Азии располагался один из наиболее крупных центров формирования и широкого распространения динозавров более поздних стадий эволюции. Ранее упоминавшийся меловой период чрезвычайно ярко отражает именно эти стадии.

До открытия в Центральной Азии динозавры последнего периода их расцвета успешно изучались на массовом североамериканском материале, равного которому по разнообразию, казалось, нельзя было ожидать. Однако уже с начальных

Ринченгийн БАРСБОЛД
(р. 1935) — монгольский палеонтолог, доктор биологических наук, заведующий лабораторией стратиграфии и палеонтологии Геологического института АН МНР, начальник монгольской части совместной Монголо-Советской палеонтологической экспедиции Академий наук МНР и СССР.
Родился в Улан-Баторе, в 1959 окончил Московский геолого-разведочный институт имени С. Орджоникидзе, в 1969 защитил кандидатскую, а в 1979 — докторскую диссертации о хищных динозаврах Монголии.
В 1963, 1965 и 1970—1971 участвовал в исследованиях Монголо-Польской палеонтологической экспедиции АН МНР и ПАН.
С 1969 на территории МНР начались работы совместной Монголо-Советской палеонтологической экспедиции — крупнейшие комплексные палеонтологические исследования из когда-либо проводившихся в Центральной Азии. Р. Барсболд участвовал в организации работ экспедиции и выполнении обширной программы, включающей одно из главных развиваемых в стране направлений палеонтологии — исследование центральноазиатских динозавровых фаун МНР. В течение многих лет он ведет раскопки в Гоби, в наиболее значительных районах захоронения динозавров и других древних животных — Нэмэгэту, Хермин-цав, Баин-Дзак и др. Палеонтологические исследования последних полутора десятков лет в МНР выдвинули коллекцию монгольских динозавров на одно из первых мест в мире по богатству и разнообразию. Р. Барсболдом проведены исследования в области сравнительной морфологии, систематики, филогении и эволюции хищных динозавров, уточняющие место и роль их центральноазиатских ветвей в историческом развитии динозавровых сообществ в мире.

РИНЧЕНГИЙН БАРСБОЛД

Динозавры из Центральной Азии

Вот уже около 60 лет палеонтологические исследования в МНР (в обширных областях пустыни Гоби) привлекают внимание специалистов и широкой общественности. На памяти старшего поколения — сенсационные палеонтологические открытия в центре Азиатского материка. В начале 1920-х гг. в далекой и малодоступной тогда Гоби были открыты окаменевшие скелеты древних животных — динозавров, млекопитающих, крокодилов, черепах, ящериц. Одной из самых удивительных находок считались ископаемые кладки яиц динозавров.

Все это было результатом исследований Центральноазиатских экспедиций Американского музея естественной истории. Их участники воздали должное академику В. А. Обручеву (СССР), в самом начале своей научной карьеры еще в прошлом столетии (1892 г.) открывшему остатки древнего носорогообразного на юго-востоке Монголии. Это было лишь началом, преддверием неведомого мира в истории Гоби и всей Центральной Азии, первым шагом, раздвигавшим горизонты палеонтологии.

Дальнейшие исследования привели к открытию поразительного многообразия древней органической жизни на территории Центральной Азии. Обширные озерные бассейны и многоводные речные артерии характеризуют меловой период геологической истории на территории Гоби (интервал между 130 млн. и 65 млн. лет назад — время широкого развития динозавров).

Одно из самых крупных «кладбищ» динозавров открыто после второй мировой войны Монгольской палеонтологической экспедицией АН СССР под руководством известного палеонтолога и популярного писателя профессора И. А. Ефремова. Доселе незнакомое слово «Нэмэгэту» — название далекого гобийского хребта на юго-западе МНР и крупнейшего в Евразии захоронения динозавров — ныне звучит как желанный призыв для палеонтологов, в какой бы стране они ни жили (рис. 1).

Находки все умножались, все разнообразнее становились центральноазиатские ветви динозавров, и еле намечаемые вначале связи с родственными фаунами других материков приобретали все большую определенность. Впоследствии особенно ярко проявились связи с Северной Америкой.

Последние 15—20 лет в изучении монгольских динозавров были наиболее плодотворными. Совместные исследования сначала с польскими и далее с советскими учеными сильно расширили ассортимент находок. Особенно большой вклад был внесен сюда при выполнении обширной программы монголо-советских исследований академий наук двух стран. Эти годы характеризуются всеобщим подъемом интереса к палеонтологии, к древнему органическому миру Земли, в немалой мере обусловленного возрастающим вниманием к экологическому состоянию нашей планеты. Широко известное «великое» вымирание динозавров задолго до появления человека на Земле многим кажется теперь каким-то предостережением, напоминающим нам о хрупкости связей живой природы.

Динозавры известны науке почти полтораста лет. Последовательно изучались западноевропейские, североамериканские, африканские и, наконец, позже всех — центральноазиатские динозавры.

Эти удивительные животные с их многообразным обликом появились на Земле 200 млн. лет назад. Наиболее ранние и примитивные ветви чаще находят на южных материках, составлявших некогда суперматерик Гондвану. Во внутренних областях Азии располагался один из наиболее крупных центров формирования и широкого распространения динозавров более поздних стадий эволюции. Ранее упоминавшийся меловой период чрезвычайно ярко отражает именно эти стадии.

До открытия в Центральной Азии динозавры последнего периода их расцвета успешно изучались на массовом североамериканском материале, равного которому по разнообразию, казалось, нельзя было ожидать. Однако уже с начальных

этапов палеонтологического изучения Центральной Азии обозначились, правда лишь слабыми штрихами, контуры наиболее многообразно представленных групп динозавров, главные успехи в изучении которых были еще далеко впереди, хотя громкая слава о них разносилась с самого начала открытия. Понадобились время и усилия нескольких крупных экспедиций, подготовивших полноценную палеонтологическую основу классификации. Исключительная сохранность костного материала зачастую определяет уникальный характер многих здешних находок, нередко дающих гораздо более полное по сравнению с другими источниками представление об этих интереснейших в биологическом отношении группах животного царства. К тому же монгольские динозавры отличаются особым богатством форм.

Исследования центральноазиатских фаун в Монголии вписали немало ярких страниц в раскрытие органического мира прошлого Земли. Эволюция динозавров — один из наиболее впечатляющих примеров длительного развития группы, характеризовавшейся исключительным многообразием, всесветным распространением, освоением широкого ряда экологических ниш.

* * *

Множество групп самых различных динозавров зафиксировано в геологической летописи Центральной Азии. Представителей наиболее раннего — триасового этапа их эволюции (примерно 200 млн. лет назад) находят редко, причем преимущественно у южных окраин этого региона.

За исключением одной-двух ветвей, собственно центральноазиатские динозавры прекрасно представлены, как уже сказано, монгольскими группами и рисуют картину многообразного мира наземных животных мелового периода, по всей вероятности, наиболее богатого формами и, без сомнения, лучше всего изученного в рамках их длительной истории. Из семи крупных подразделений (подотрядов) динозавров, принятых в науке, в Монголии представлены пять, а в Центральной Азии в целом — шесть. В Монголии пока не найдены палеоподы (или прозауроподы), относимые к наиболее ранним этапам эволюции всего ствола, и загадочные стегозавры — довольно слабоизученная группа (из Европы, Северной Америки, Африки и, как стало известно недавно, из юго-восточной части Азии), а также «настоящие» рогатые динозавры, широко распространенные в Северной Америке. Зато по хищным ветвям мелового периода Монголия выходит на первое место в мире — почти все известное на других материках плюс целый комплекс находимых доселе только в Гоби (около ¾ из двух десятков «хороших» семейств, зафиксированных в науке). Травоядные группы динозавров мелового периода в Монголии почти столь же многообразны.

Все это, вместе взятое, свидетельствует в пользу того, что высший пик последнего расцвета динозавров приходился на вторую половину мелового периода (около 100 млн. — 65 млн. лет назад). По-видимому, в Центральной Азии к этому времени сложились условия, наиболее благоприятные для их обитания, — изобилие растительной пищи, многообразные ландшафты с

Рис. 1. Обрывы Нэмэгэту — одного из крупнейших в мире захоронений динозавров. Красноцветные костеносные отложения древних рек и озер создают удивительные ландшафты в Гоби

Рис. 2. Череп хищника велоцираптора сбоку
Рис. 3. Стопа велоцираптора с крупным оттибавшимся назад хищническим когтем второго (II) пальца стопы — орудием нападения, которым он раздирал тело своей жертвы

широким развитием пресноводных систем, обеспечивавшие множество экологических ниш, успешно осваивавшихся динозаврами. Здесь же отмечаются не менее благоприятные для исследований условия захоронения животных. Это специфическое направление в науке интересовало И. А. Ефремова, предложившего название «тафономия» для отрасли знания, выясняющей условия сохранения органических остатков в геологической летописи Земли.

Наилучшей иллюстрацией исключительного тафономического явления и в равной мере бесценным палеонтологическим объектом служит уникальная находка сцепившихся скелетов двух динозавров, погибших в схватке, — травоядного протоцератопса и хищного велоцираптора (рис. 2). По отдельности их остатки находили в Монголии и ранее, но как яркое свидетельство отношений в системе «хищник — жертва» (определявших и в то далекое время развитие живой природы) они открыты благодаря просто невероятному стечению обстоятельств при захоронении. Парадоксально, но тафономия, по И. А. Ефремову, вполне обоснованно отрицает какую-либо прижизненную связь между животными, одновременно найденными в захоронении. Однозначность же толкования этой находки не вызывает никаких сомнений. Хищник вцепился в голову жертвы когтистыми передними лапами, а задними раздирал ей брюхо и грудь. В этом ему помогал крупный коготь второго пальца стопы (рис. 3), вначале детально изученный Дж. Остромом (Ostrom, США) у близкого хищнику американского сородича — дейнонихуса (что означает «страшноготный») — еще до уникальной монгольской находки. Сцепившиеся скелеты динозавров из Гоби показали, как применял нападавший свои хищнические когти. Но осталось загадкой, почему схватка закончилась «ничейным» исходом, смертельным для обоих противников. Можно только выдвигать различные предположения, и одно из них мне кажется вполне приемлемым. Молодой и неопытный или ослабленный по какой-то причине хищник слишком крепко вонзил свои когти в покровы жертвы, которая пытались уйти в спасительную для себя среду — прибрежные воды озера или болота в надежде освободиться от врага. Их быстро затянуло илом и песчаными осадками водоема, и лишь через 80 млн. лет они были извлечены оттуда палеонтологами. За всю историю науки еще не было такой красноречивой сцены из жизни давно исчезнувших животных.

Далеко не всегда находят пусть единичные, но более или менее полные по сохранности материалы. В Монголии, однако, выявили новую интереснейшую группу хищных динозавров с гигантскими передними конечностями — теризинозавров и дейнохейрусов (последнее означает «страшнорукий»). Кроме костей передних конечностей, других свидетельств о них пока нет.

Всегда считалось, что у крупных хищных динозавров передние конечности сильно уменьшены, к примеру, как у монгольских тарбозавров и их ближайших родственников — североамериканских тираннозавров. Их крошечные передние конечности почти не были видны на туловище животного с массивным черепом и крупными зубами. По удачному выражению одного из палеонтологов, такой хищник — это пасть, поставленная на задние конечности (рис. 4).

А у «страшноруких» динозавров передние конечности достигали трех метров в длину, у одного из них — теризинозавра — когти были

самыми крупными среди всех животных, когда-либо обитавших на Земле. Почти 60 см в длину, очень широкие, сильно сжатые с боков и умеренно изогнутые (рис. 5), они напоминали меч или расширенное лезвие косы (теризинозавр буквально означает «косящий ящер», и это название, как считают, исходило от И. А. Ефремова, хотя первое описание самого динозавра принадлежит Е. А. Малееву, участнику экспедиции в МНР). Неизвестно, что мог делать такими когтями этот динозавр, — сомнительно, чтобы косил траву. Вообще-то он по классификации относится к хищникам, но при первой находке его ошибочно сравнили с гигантскими морскими черепахами мелового периода, а назвали все же осторожно — «черепахоподобный ящер». Лишь через четверть века А. К. Рождественский (СССР), известный специалист по динозаврам Азии и участник монгольских экспедиций, предложил отнести крупнокоготных динозавров к хищникам, и новый, более полный материал последних лет вполне однозначно подтвердил это. А. К. Рождественский полагал, что «страшнорукие» динозавры могли бы питаться термитами, разрывая термитники своими гигантскими когтями. Однако у теризинозавра передняя конечность и кисть имели очень развитую мускулатуру и хорошо разработанные суставные блоки, отражающие приспособление к совершению сильных движений. Может быть, это был орган для нанесения ударов, разрывающих покровы и ткани жертвы? Недостатка в крупных растительноядных динозаврах, представлявших целые горы мяса в десятки тонн, в то время не было. И если хищники с крошечными передними конечностями могли питаться их трупами, то теризинозавры как носители устрашающих по мощи орудий нападения, казалось бы, должны были набрасываться на крупную жертву. В действительности же все могло быть и по-другому — в экологии динозавров еще много совершенно неясных мест.

Еще одна удивительная находка — овираптор, практически полный скелет и череп которого были найдены совсем недавно, спустя полвека после первой находки далеко не совершенной сохранности. Это интереснейший экземпляр ящера с беззубыми челюстями, снабженными

Рис. 4. На раскопках «Пасти, поставленной на задние конечности» — скелета тарбозавра в Гоби. Хорошо видны громадные раскрытые челюсти с ножеловидными зубами

Рис. 5. Второй палец кисти с гигантским когтем, принадлежащий «страшнорукому» хищнику — теризинозавру. Длина когтя почти 60 см

Рис. 6. Страусовидный динозавр — беззубый хищник, обитавший в Центральной Азии и Северной Америке

массивным, как у крупных попугаев, клювом. Голова овираптора несла роговой гребень, напоминавший шлем у казуаров, а широкую бескилевую (точно у страусов) грудину с плечевым поясом соединяли дугообразно сросшиеся ключицы птичьего типа. Все перечисленные черты у других динозавров не встречались, и это делает овираптора совершенно уникальным хищным динозавром, вероятно, самым близким по строению скелета к птицам. Недавно Дж. Остром

Рис. 7. Череп и нижняя челюсть (отдельно, ниже) эрликозавра — одного из новых видов недавно открытых динозавров (сегнозавров)

Рис. 9. Череп пахиоцефалозавра — редкого и наиболее загадочного растительноядного панцирного динозавра Центральной Азии и Северной Америки

Рис. 8. Череп одного из представителей сайханий — растительноядных панцирных динозавров

убедительно выявил сходство хищных динозавров с археоптериксом, скелет которого оказался почти во всем динозаврового строения. Овираптор же впервые недвусмысленно показал, что многие птичьи черты исходно формировались у хищных динозавров. Это существенное подкрепление в пользу развиваемой ныне концепции происхождения птиц именно от хищных динозавров.

Полное название этого динозавра означает «поедающий яйца рогатых динозавров». Принадлежность к хищникам, беззубые челюсти и залегание его остатков выше кладки яиц, относимых к протоцератопсам (центральноазиатским безрогим, «ненастоящим» рогатым динозаврам), послужили основанием Г. Осборну (Osborn, США) дать такое название. Последние исследования исключительного по сохранности материала показали, что беззубые челюсти овираптороров могли создавать большие сжимающие усилия, и это наводит на мысль о поедании ими пресноводных моллюсков с твердой раковиной, в изобилии населявших водоемы позднего мела. Во всяком случае пищей их было нечто более твердое, чем яйца и их скорлупа.

Если овираптор — монгольский эндемик, пока нигде за пределами страны не встреченный, то другой беззубый хищник семейства так называемых страусовидных динозавров (орнитомимид) был распространен в Центральной Азии и Северной Америке (рис. 6). Эти динозавры с длинной шеей, маленькой головой, роговым клювом и удлиненными задними конечностями действительно напоминали бы страусов, если бы не длинный хвост, служивший им балансиром при быстром передвижении. Предполагается, что орнитомимиды обитали в открытых пространствах и питались мелкой живностью с земли или из воды. Они служат одним из свидетельств существования некогда сухопутного Берингийского моста между Азией и Северной Америкой, по которому перемещались многие наземные животные, обитавшие на двух материках.

Большой неожиданностью для палеонтологов было открытие сегнозавров — пока исключительно монгольской группы хищных динозавров, сильно отклоняющихся от привычных норм (рис. 7). Их слабые челюсти снабжались роговыми наростами, однако имелись еще «щечные» зубы, что более характерно для растительноядных динозавров. Задние конечности были компактного птичьего строения, что совсем несвойственно хищникам. Сегнозавры характеризовались строением нёба, видимо, исходного по отношению к так называемому палеогнатическому нёбу нелетающих птиц, чем они и отличались от летающих. Значительные изменения отмечались и в строении таза, которое, как известно, служит основой для подразделения двух крупных систематических групп динозавров —

ящеротазовых и птицетазовых. Сегнозавровый таз совмещал в себе некоторые черты обоих типов, одновременно прибавляя к ним совершенно специфические, неизвестные ни у каких других динозавров. Об экологии этих странных животных трудно судить определенно. Может быть, они были амфибионтами, питавшимися рыбой, хотя это лишь одно из имеющихся предположений.

Мне больше и подробнее приходится останавливаться на хищных динозаврах — они оказались гораздо более разнообразными, чем предполагалось, и дали много нового, часто совсем неожиданного. Вместе с тем растительноядные группы Центральной Азии представляют обширные и чрезвычайно интересные комплексы. К примеру, среди них находится гигант — опистоцеликаудия; под этим труднопроизносимым названием скрывается монгольский зауропод почти 20-метровой длины. К этой же ветви относится немегтозавр, в названии которого увековечена долина динозавров Нэмэгэту. От первого гиганта известен скелет без черепа, от второго — череп, но без скелета туловища и конечностей. Длинные шея и хвост, массивное тело характеризуют всех известных науке зауропод — исполинов даже среди динозавров. Они имели непропорционально маленькую голову и довольно слабую зубную систему. Вес наиболее крупных из них мог достигать 50 т, как показывают расчетные данные по североамериканским и африканским зауроподам. Безусловно, это многовато для наземного животного. За последние годы в печати появлялись выразительные изображения галопирующих зауропод, созданные фантазией американского палеонтолога (и неплохого рисовальщика) Р. Т. Бэккера (Bakker,). Но это, по нашему мнению, действительно игра воображения. Гигантские размеры зауропод служили им неплохим предохранением от врагов, каких-либо специальных средств защиты и нападения у них не обнаружено. В большинстве случаев узкие и редко расположенные зубы зауропод едва ли были приспособлены к интенсивной работе, к измельчению твердой или жесткой пищи. Приходится считать, что зауроподы, в том числе и монгольские формы, обитали в крупных водоемах, может быть, как современные бегемоты, и питались мягкой водной растительностью.

Замечательны последние находки панцирных динозавров — сайханий (по названию горных хребтов в Гоби — Сайхан-ула, т. е. «Прекрасные горы»). Исследователи считают панцирных динозавров наиболее отклоняющейся ветвью, едва ли не выходящей за рамки динозавров как таковых (рис. 8, 9). Один из панцирных динозавров был найден с правильно расположенными на скелете костными бляхами, составлявшими панцирь. Эти бляхи имели округлое или эллиптическое основание, высоковздымающийся гребень и были из пористой кости, покрытой роговой оболочкой. Наиболее крупные бляхи напоминали скорее широкие заостренные сверху зубовидные выступы, расположенные симметрично в различных частях тела в виде линейно вытянутых скоплений. Хвост у панцирных динозавров походил на старинное оружие — булаву. Мощные, с палец толщиной, окостеневавшие сухожилия тесно об-

Рис. 10. Редчайшая находка — скелетик «бэби»-динозавра (протоцератопса), во взрослом состоянии достигавшего в длину 2 м. Хорошо видны череп с крупной глазницей, позвоночник, отдельные ребра

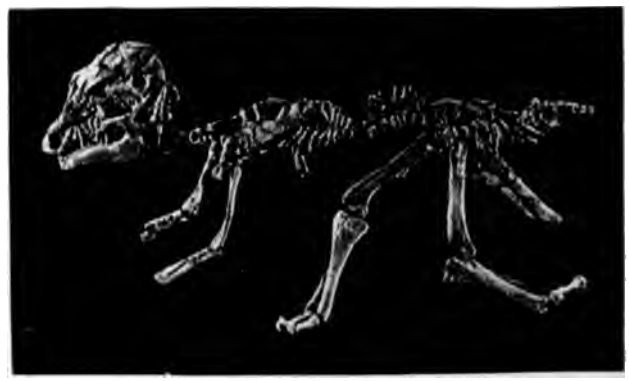


Рис. 11. Еще одна бесценная находка — скелет детеныша гадрозавра — растительноядного динозавра (10—12 м в длину во взрослом состоянии)

Рис. 12. Ископаемые яйца динозавров (длина 14—15 см), расположенные попарно в кладке. Условно их относят к протоцератопсам

вивали хвостовой ряд позвонков, на самом конце заканчивавшийся массивным костным «шишаком» диаметром едва ли не в 1 м, покрытым роговой оболочкой, с крупными шипами. По всей вероятности, сайхании были защищены не только панцирем, но и использовали эту «булаву» как сильнейшее ударное оружие против самых могучих хищников.

Вместе с тем допускаются и иные толкования роли панцирного покрытия: оно могло служить терморегулирующим устройством. Для этого животному достаточно было уйти в тень или выбраться на солнцепек. Кость сама по себе довольно инертна по отношению к теплу, однако пористая структура и роговое покрытие костных оснований панциря свидетельствуют об обильном снабжении кровеносными сосудами, что могло бы иметь значение при терморегуляции. Забегая несколько вперед, отмечу, что вопросы физиологии динозавров ныне широко дискутируются, и предполагаемое родство их с птицами дает поддержку взглядам (которые разделяет и автор) о возможной теплокровности хотя бы некоторых ветвей (скорее всего хищных) при «подходе» к птицам.

К числу уникальных находок относятся также скелеты детенышей растительноядных динозавров — протоцератопса и гадрозавра, по-видимому, только недавно вылупившихся из яйца. Скелетики «бэби» протоцератопса длиной 12—14 см, открытые в Монголии, были первыми в истории науки (рис. 10). Любопытна находка 8—10 скелетов детенышей гадрозавра в совместном захоронении. Они достигали 30—35 см в длину, некоторые, судя по отдельным крошечным косточкам, и того менее (рис. 11). Высказывалось мнение о том, что совместное нахождение свидетельствует о гибели детенышей в период спячки. Но это пока невозможно доказать. Скорее всего, детеныши погибли вскоре после вылупления из яиц в гнезде или же это результат гибели выводка, застигнутого неблагоприятными обстоятельствами. Независимо от причины гибели, может быть, это захоронение — действительное свидетельство выводкового характера семьи некоторых динозавров, проявлявших в таком случае определенные элементы родительской заботы хотя бы на ранних стадиях роста детенышей. Редкие, но аналогичные находки в других районах мира как будто подтверждают это заключение. К примеру, в США недавно найдено еще одно совместное захоронение детенышей гадрозавра, правда, немного более крупных по сравнению с монгольскими.

С кладками ископаемых яиц также связано много интересного и неожиданного. Эти кладки находят в разных районах Центральной Азии и больше всего в Гоби. Насчитывается не менее 12—15 типов яиц, отличающихся по форме, размерам, строению скорлупы, взаимному расположению в кладке. Одни принадлежат различным динозаврам, другие — крокодилам, черепахам, ящерицам и, вероятно, птицам. Точное отождествление пока затруднительно. Впервые были найдены яйца, расположенные в кладке попарно, при этом пары ложились по кругу радиально и в несколько ярусов (всего 10—12 и более пар). Отсюда вырисовывается довольно упорядоченное движение по кругу самки динозавра при отложении яиц, что не установлено у современных яйцекладущих животных. Самое интересное — парность отложенных яиц, т. е. их попарное расположение в кладке, неизвестное у ныне живущих рептилий и птиц (рис. 12). Эти кладки приписывают протоцератопсам, скелеты которых находят в тех же вмещающих толщах, но более прямых доказательств пока нет. У современных рептилий и птиц парные половые железы развиваются часто неодинаково (у птиц правые яичник и яйцевод полностью редуцируются). По всей вероятности, у динозавров органы формирования и выведения яиц развивались вполне симметрично. Может быть, это в определенной мере объясняется относительно малыми размерами яиц у динозавров по отношению к величине их тела. Редукцию парных желез у птиц обычно связывают с величиной яиц (пропорционально они значительно крупнее динозавровых).

Таким образом, находки динозавров в центре Азиатского материка позволяют рассмотреть немало интересных вопросов, в том числе таких, которые ныне становятся характерными для многих разделов естествознания и связываются с экологией прошлых эпох и исчезнувших животных. В ряде случаев не только многообразие группы, но и высокая степень сохранности костного материала способствуют попыткам такого подхода. Вместе с тем в экологии динозавров пока не известно, быть может, самое главное — были ли они «холоднокровными» обычными рептилиями или же «теплокровными», как птицы и млекопитающие.

Известный палеонтолог, научный руководитель совместных работ в МНР Л. П. Татаринов (СССР) считает, что динозавры были многообразны не только по строению, ярко проявляемому многими монгольскими ветвями, но и физиологически. Это более всего относится к хищным ветвям, среди которых могли быть животные с высоким уровнем метаболизма. Экологическое многообразие динозавров служит пусть косвенным, но достаточно веским доводом в пользу многообразия физиологического.

Изучение динозавров Монголии и Центральной Азии в целом дало немало нового, значительно расширив наши представления об этой замечательной группе исчезнувших животных. Но главное и самое интересное еще ожидает исследователей.

Сунихиро НАКАМУРА (Nakamura)
(р. 1923) — японский садовод, специалист в области семеноведения и семеноводства, доктор сельскохозяйственных наук, профессор садоводства факультета сельского хозяйства Университета Ямагучи.
В 1947 окончил факультет сельского хозяйства Токийского университета.
Исследует физиологию покоя и прорастания семян, роль света и фитохромной системы в этих процессах. Им разрабатываются также вопросы диагностирования всхожести семян, в частности рентгено-контрастный метод. Большой интерес представляют и его работы по идентификации семян по электрофореграммам их белков и ферментов.
С. Накамура — пропагандист и популяризатор достижений современной аграрной науки. Он принимает деятельное участие в координировании связей опытных и научно-исследовательских учреждений с сельскохозяйственной практикой в Японии

СУНИХИРО НАКАМУРА

Растениеводство защищенного грунта

Один из путей интенсификации сельскохозяйственного производства в наши дни — стремительное развитие защищенного грунта. Возделывание растений в условиях защищенного грунта помогает увеличить производство сельскохозяйственной продукции и, что особенно важно, преодолеть сезонность ее поступления к потребителю; ускоряется время выращивания, увеличивается выход продукции с единицы площади.

Возделывание сельскохозяйственных растений в культивационных сооружениях связано с решением множества конструктивных, агротехнических, экономических проблем. Сегодня в сельском хозяйстве используется большое количество типов таких сооружений, бурное развитие химии полимеров позволило внедрить и новые материалы для защищенного грунта.

Тепличное хозяйство — достаточно энергоемкое производство, в связи с чем приходится улучшать системы обогрева в сооружениях, оптимизировать условия микроклимата, руководствуясь при этом не только требованиями возделываемой культуры к внешним условиям, но и соображениями чисто экономического характера. Что касается агротехнических приемов и способов выращивания растений, то и они постоянно совершенствуются. Наконец, развитие защищенного грунта потребовало создания новых сортов и гибридов сельскохозяйственных культур, обладающих высокой продуктивностью в контролируемых условиях выращивания. И если когда-то их набор ограничивался некоторыми овощными и цветочными растениями, то сегодня ассортимент возделываемых в защищенном грунте культур значительно расширился.

В связи с тем, что Япония обладает весьма ограниченными энергетическими ресурсами, уже в самом начале развития защищенного грунта в стране стояла задача снижения затрат на обогрев теплиц. Это обусловило опережающий рост площадей сооружений с солнечным обогревом. Были разработаны и внедрены разнообразные приспособления, приемы и системы ведения культур, позволяющие повысить эффективность использования тепла, избежать его непроизводительных потерь и т. д.

Возделывание растений в условиях защищенного грунта — сегодня хорошо развитая интенсивная отрасль сельскохозяйственного производства Японии, где широко используются достижения научно-технического прогресса.

При этом наиболее распространенные типы используемых в нашей стране теплиц — пленочные и пластиковые, хотя строительство остекленных теплиц также продолжается. Широкое применение находят и пленочные тоннели.

В теплицах мы возделываем овощи, цветы и плодовые культуры. Культуры, выращиваемые в Японии в защищенном грунте, представлены в таблице.

В качестве материала для укрывания преимущественно используется поливинилхлоридная пленка, а также стеклопластики на основе полиэфирных и акриловых смол. Кроме того, начинают широко применять полиэтилен. Так, в 1977 г. площадь теплиц с полиэтиленовой пленкой составила 1166 га, а с листовым полиэтиленом — 114 га. Многие тоннели сооружаются из поливинилхлоридной пленки. Однако в 1977 г. тоннели площадью 20 697 га также были покрыты полиэтиленовой пленкой.

В последние годы установлено, что растения растут лучше под укрытием, не пропускающим ультрафиолетовых лучей солнца. В связи с этим в пленочные материалы и стеклопластики добавляют химические поглотители ультрафиолета. Но подобные материалы не желательны, например, при выращивании баклажанов, потому что плоды, получаемые в таких теплицах, не имеют достаточно интенсивной окраски.

Обогревание теплиц

В Японии, как и в других странах, для обогревания теплиц со стеклянным ограждением преиму-

Площади защищенного грунта (га) под основными культурами в Японии (1977 г.)

Культуры	Культивационные сооружения			
	Остекленные теплицы	Пластиковые теплицы	Тоннели	Всего
Овощные				
Огурцы	129	5503	3082	8714
Томаты	237	3662	2324	6223
Баклажаны	1	1392	2514	3907
Сладкий перец	1	1165	461	1627
Земляника	4	6348	3416	9768
Дыни	745	306	84	1135
Зимние дыни	12	2335	6591	8938
Арбузы	5	2541	17531	20077
Тыквы	0	286	2666	2952
Салат	0	150	3589	3739
Сельдерей	0	254	64	318
Лук душистый	0	664	344	1008
Другие	115	2428	8511	11054
Итого	1249	27033	51177	79459
Цветы				
Хризантемы	215	912	—	1127
Гвоздики	137	156	—	293
Розы	68	131	—	199
Лилии	11	95	—	106
Тюльпаны	5	43	—	48
Левкои	5	66	—	71
Декоративные растения	272	262	—	534
Другие	53	367	—	420
Итого	764	2031	435	3230
Плодовые				
Виноград	197	2610	—	2807
Мандарины	—	201	—	201
Другие	1	32	—	33
Итого	198	2843	—	3041
Батат	—	—	630	630
Картофель	—	—	441	441
Итого	—	—	1071	
Всего:	2211	31907	52683	86801

щественно используется водяное отопление, а в пленочных и пластиковых сооружениях в основном применяют воздушный обогрев калориферами. Применяют также водяной обогрев почвы.

На рис. 1 показано сооружение с двойным покрытием, где подаваемый под небольшим давлением воздух (между двумя поверхностями) поддерживает внешнюю пленку и уменьшает теплопотери.

В разработанной у нас теплице «пеллет-хауз» *(рис. 2) удалось достичь снижения* потерь тепла в

Рис. 1. Пленочная теплица с двухслойным покрытием из поливинилхлорида

Рис. 2. «Пеллет-Хауз» — теплица с двухслойным покрытием и пространством между слоями, заполняемым полистирольными гранулами. Внешний вид и схема подачи гранул из емкости для защиты от ночного холода (по Миягава — Miyagawa, 1965 г.)

15—20° С. При обкладке труб обладающим более высокой теплопроводностью гравием возможно еще большее накопление тепла. В сооружении используется вентилятор с приточным и вытяжным режимом работы, а также два типа трубопроводных систем.

В одном случае трубы на выходе собраны в одну-две емкости, выполненные из кирпича. В другом случае — каждая труба выходит из земли отдельно, причем последний тип более предпочтителен. В сооружениях с подземной аккумуляцией тепла в связи с отсутствием дневного вентилирования более эффективна и «подкормка» растений углекислым газом, о чем будет сказано ниже.

Минимальное количество солнечной радиации, позволяющее использовать этот метод, составляет 1500—1800 ккал/м² в день. При

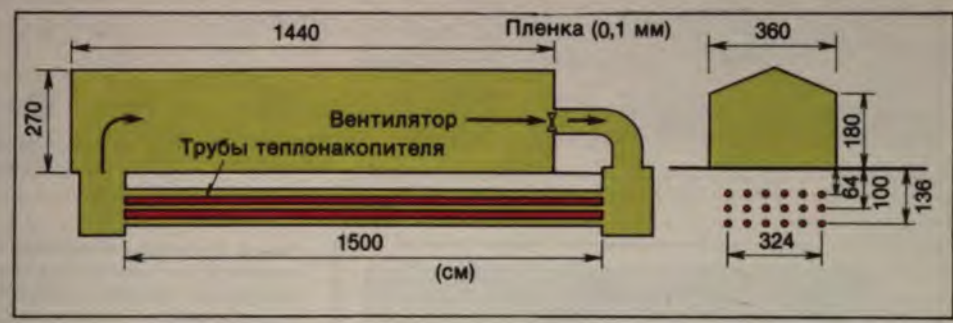


Рис. 3. Схема теплицы, днем обогреваемой солнцем, с подземным теплонакопителем, используемым в ночное время (по Итаги — Itagi, 1979 г.). На фотографии такой теплицы видны пластмассовые трубы, через которые выдувается воздух из теплонакопителя

ночное время за счет заполнения пространства между двухслойным покрытием из стекла и пластика пластмассовыми (полистирольными) гранулами, подаваемыми на ночь из специальной емкости у основания теплицы. Потери тепла составляют лишь 8% от потерь в теплицах с однослойным ограждением. Не прибегая к обогреву, здесь удается поддерживать температуру воздуха на 15—20° С выше наружной.

Широко распространены остекленные сооружения и теплицы с полимерным покрытием, имеющие подземный подогрев (рис. 3). В этих сооружениях днем подогретый воздух из теплицы циркулирует по системе подземных пластмассовых или глиняных труб, что способствует аккумуляции тепла в окружающей трубы почве. Этим ограничивается повышение температуры в дневное время и перегрев даже при отсутствии вентиляции.

Ночью, когда температура воздуха снижается, накопленное в почве тепло возвращается в надземное помещение путем нагнетания воздуха через подземные трубы. Метод обеспечивает возможность поддерживать в ночное время в необогреваемых теплицах температуру на 10° С выше наружной.

При ограждении этих сооружений двумя-тремя слоями пластика перепад между температурой внутри и вне теплицы может быть увеличен до более низких значениях радиации метод не позволяет достичь необходимого обогревания.

Основные культуры, выращиваемые в такого рода теплицах, — овощи (томат, баклажан, сладкий перец, огурец), земляника, цветы (орхидеи и розы) и виноград. Виноград выращивается в теплицах с покрытием из поливинилхлоридной пленки (рис. 4), остальные культуры — в сооружениях со всеми типами покрытия.

Использование подземного резервуара-теплонакопителя само по себе может обеспечить получение достаточного количества тепла для выращивания томата и земляники, однако для более требовательных культур (огурца, баклажана, сладкого перца) его может оказаться недостаточно, в связи с чем производится дополнительный обогрев с использованием традиционных методов.

Сравнительная оценка экономической эффективности применения метода обогрева с использованием подземного резервуара и путем обычного сжигания нефти показывает: общая стоимость обогрева по первому способу за год составляет примерно 2/3 от стоимости второго. Рост цен на нефтепродукты предполагает увеличение этой разницы.

При обычной системе обогрева температура в теплицах, как правило, устанавливается на двух уровнях: дневном и ночном. Однако для тра-

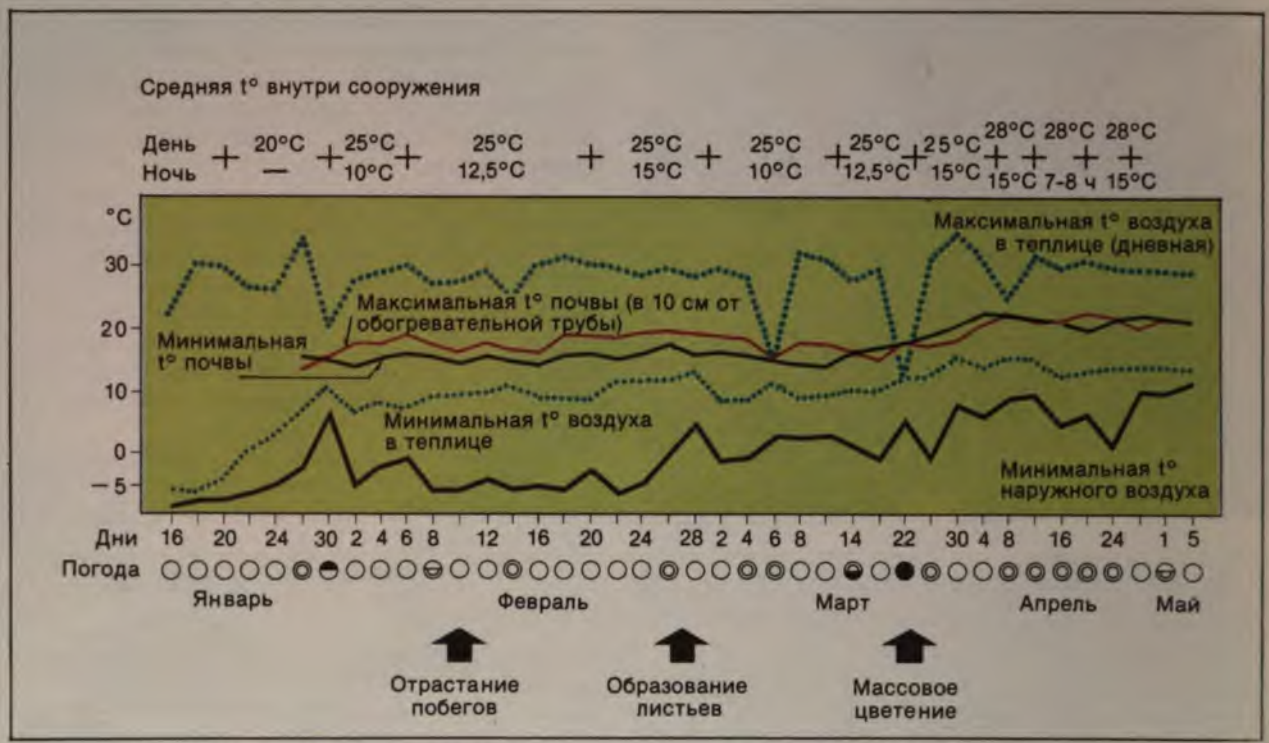


Рис. 4. Суточные колебания температуры воздуха и почвы в теплице для винограда с солнечным обогревом и подземным теплонакопителем. Видно, что внутри теплицы поддерживается температура на 10—15° С выше наружной (по Аоки — Aoki, 1981 г.)

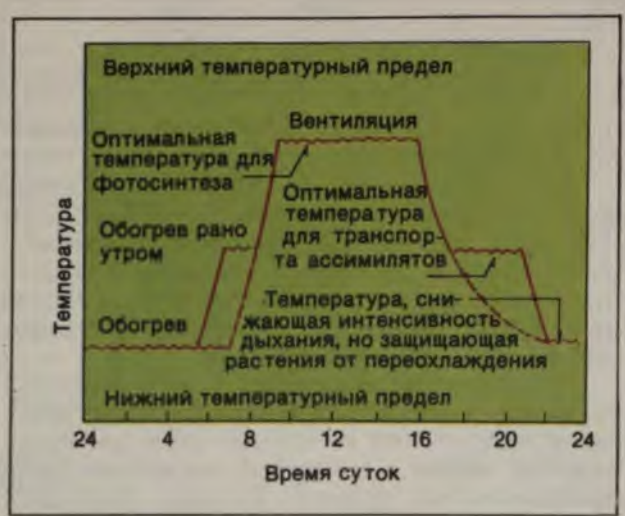


Рис. 5. Схема дифференцированного контроля температуры при ночном и раннеутреннем дополнительном обогреве (по Такахаси — Takahashi, 1977 г.)

спорта в растениях продуктов фотосинтетической деятельности в начале ночи необходима несколько более высокая температура, достигаемая дополнительным тепловым обогревом. Желательно также повысить температуру воздуха ранним утром, когда уже можно использовать солнечную радиацию для фотосинтеза. В связи с этим в некоторых теплицах сейчас установлен варьирующий контроль температуры с использованием автоматических контролирующих систем с датчиками на базе кремниевых фотодиодов, определяющих величину инсоляции (рис. 5). В облачную погоду такой варьирующий контроль раннего утреннего обогрева невозможен.

Снабжение растений углекислым газом

Дневная фотосинтетическая деятельность растений в теплицах приводит к тому, что концентрация углекислого газа снижается. Поэтому снабжение теплиц углекислым газом — очень действенный фактор повышения продуктивности фотосинтеза.

Фотосинтетическая деятельность растений возрастает с ростом концентрации CO_2 до 0,1—0,15% в зависимости от возделываемой культуры и интенсивности солнечной радиации (обычная концентрация CO_2 в воздухе составляет 0,03%). «Подкормка» CO_2 обычно осуществляется путем сжигания керосина.

Концентрация CO_2 контролируется автоматически с помощью включения и выключения керосиновой горелки.

С участием работающего по заданной программе компьютера концентрация CO_2 может быть приведена в соответствие с интенсивностью солнечной радиации, что обеспечивает более экономичное ее потребление.

Субстрат для выращивания растений

Почва в теплицах — основной субстрат для культивирования растений. Однако вместе с этим при бессменной культуре возникает множество проблем. Важнейшие из них — накопление в почве болезнетворных факторов и вредителей, а также высокая концентрация солей. Смена грунтов в теплицах и стерилизация почвы являются методами, ограничивающими распространение болезней и вредителей. Широко применяется стерилизация почвы паром под высоким давлением.

В последнее время Кодамой (Kodama, 1979 г.) предложен и уже применяется на практике метод стерилизации в летнее время с использованием солнечной радиации. Почва в теплицах рыхлится на небольшую глубину, заливается водой и покрывается поливинилхлоридной пленкой (рис. 6). В жаркое летнее время температура почвы повышается до 40° С и выше. Двух дней такой обработки достаточно для уничтожения многих видов почвенных патогенов.

Избежать высокой концентрации солей в почве удается, контролируя систему внесения удобрений, промывая ее и используя медленно действующие удобрения. Чтобы предупредить неблагоприятные последствия ведения бессменной культуры и достигнуть большей однородности растений по силе роста, широко применяют культуру растений на питательных растворах (гидропоника).

Рис. 6. Схема стерилизации почвы солнечной радиацией (по Кодама, 1979 г.)

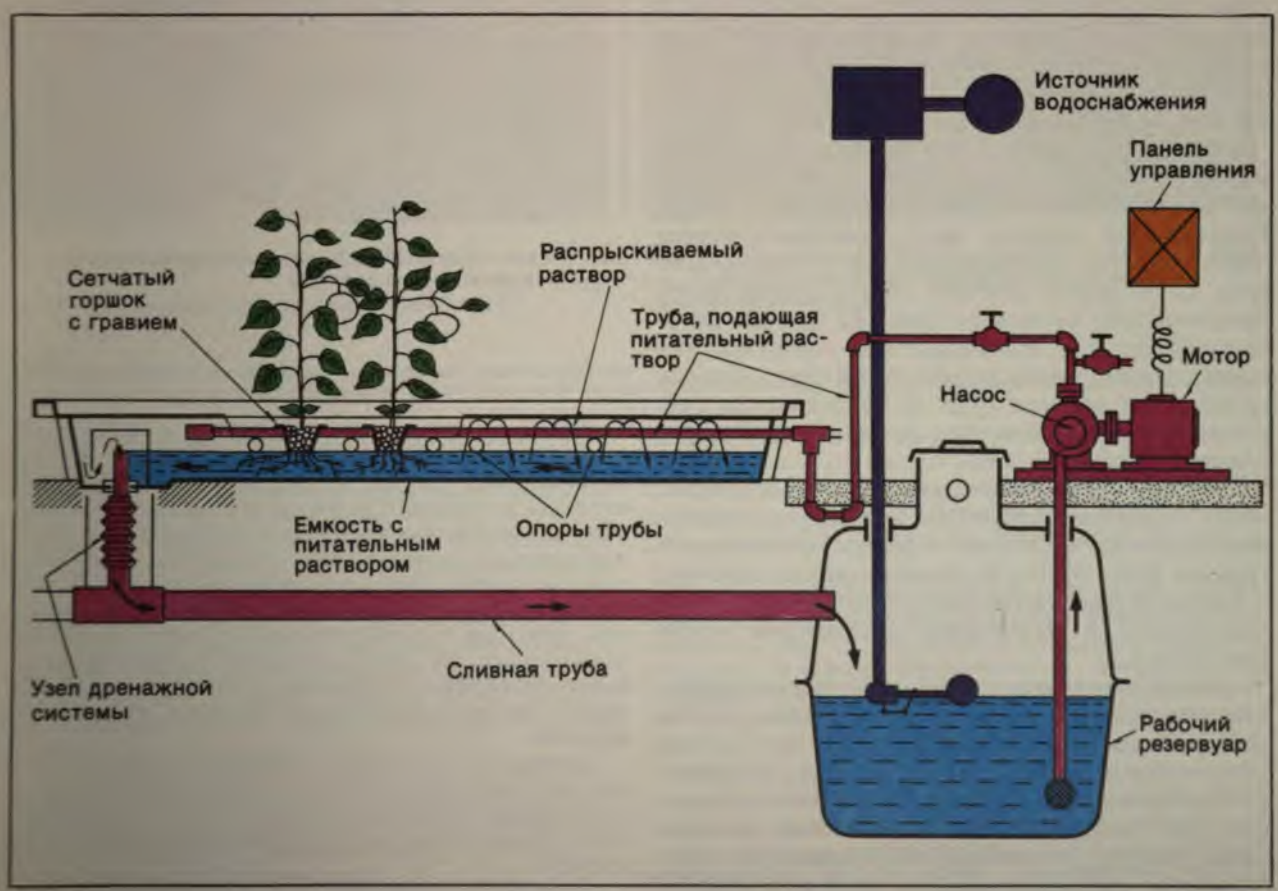


Рис. 7. Схема гидропонной установки фирмы «Кубота». Питательный раствор при распрыскивании насыщается кислородом

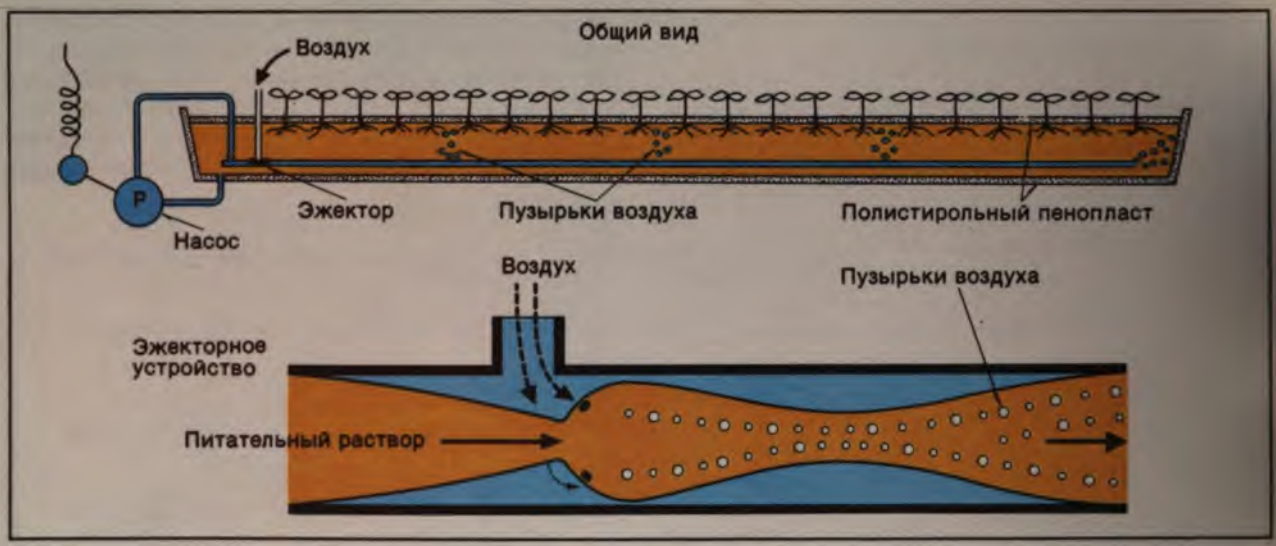


Рис. 8. Схема гидропонной установки фирмы «Киова». Общий вид и пояснение эжекторного (засасывающего воздух) устройства

Культура на питательных растворах

В гидропонике вначале широко использовали гравийную культуру, но сейчас у нас в основном применяется водная культура. Используется несколько типов водной культуры.

Весьма важная проблема — способ насыщения раствора кислородом. В различных системах гидропоники это осуществляется по-разному. Питательный раствор иногда распрыскивается через воздух, насыщающий его кислородом (рис. 7). В других случаях воздух засасывается притекающим раствором (рис. 8) или же питательный раствор впрыскивается, аэрируясь, непосредственно в зону корней через определенные промежутки времени (рис. 9). В последнем случае возникает возможность по желанию контролировать рост растений.

Для фиксации (закрепления) растений предложено несколько способов. Рассада, например, выращивается в сетчатых горшках, заполненных гравием (рис. 8). На экспериментальной станции в Кагосиме разработан метод, при котором растения крепят в отверстиях пластиковой доски (рис. 9) и т. д.

В водной культуре с течением времени изменяется водородный показатель (pH) раствора. Для поддержания оптимальной реакции используют концентрированную серную кислоту. Наибольшая опасность при водной культуре — загрязнение культурного раствора патогенными организмами, поэтому производится стерилизация используемого оборудования. Для этого добавляют в питательный раствор так называемые фунгициды.

Рис. 9. Схема гидропонной установки с периодическим опрыскиванием корней растений

Япония — страна с хорошо развитым и вместе с тем своеобразным растениеводством защищенного грунта. В значительной степени это связано со специфическими местными условиями. Так, весьма ограниченные площади сельскохозяйственных угодий требуют непременной интенсификации производства, увеличения выхода продукции с единицы площади. Продление сроков культуры при неблагоприятных климатических условиях, увеличение производства продукции в несезонный период в связи с запросами рынка — все это также обусловило быстрое развитие защищенного грунта. Достижения японских ученых в этой области представляют большой интерес и для мировой практики.

Своеобразие структуры защищенного грунта Японии — в крупных площадях пленочных сооружений, в основном на солнечном обогреве, что имеет значение в связи с ограниченностью невозобновляемых источников энергии.

Японские исследователи разрабатывают методы возможно более полного использования климатических (в основном тепловых) ресурсов, создавая оригинальные кон-

Теплицы с компьютерным управлением

В последние годы в Японии некоторые теплицы снабжаются компьютерными системами, поддерживающими целый комплекс факторов — температуру, полив, освещенность, содержание CO_2 и т. д. — на оптимальном уровне (рис. 10 и 11). Они обеспечивают обогрев и охлаждение с помощью солнечного водонагревателя, а также управление процессами механической обработки почвы, транспортировки, обработки ядохимикатами и подкормки удобрениями с помощью специального многоцелевого крана (рис. 12). Все это обеспечивает значительную экономию затрат энергии и труда. В программу компьютера могут быть введены дифференцированный контроль содержания CO_2 в воздухе и управление ночной температурой в соответствии с количеством солнечной радиации, полученной днем.

Рис. 10. Теплица с компьютерным управлением

Рис. 11. Блок управления в теплице с компьютером

Рис. 12. Кран многоцелевого назначения (обработка почвы, удобрение, обработка химикатами) в управляемой компьютером теплице

струкции теплиц, аккумулирующих солнечную энергию и имеющих сниженные теплопотери.

С. Накамура отмечает также широкое распространение в Японии теплиц, оборудованных теплоаккумулирующими устройствами в почве. Подобный принцип запасания тепла был предложен и испытан в СССР на Овощной опытной станции сельскохозяйственной академии имени К. А. Тимирязева в начале шестидесятых годов. В связи с проблемами рационального использования энергетических ресурсов следует упомянуть и о разрабатываемом этим же коллективом способе обогрева теплиц с водонаполненной кровлей низкопотенциальными источниками тепла (отходы тепловых и атомных электростанций).

Японские исследователи достигли ощутимых успехов и в разработке компьютерных систем управления процессами выращивания растений. При этом все конкретные программы базируются на предварительных изысканиях по оптимизации условий выращивания.

Важным является и вопрос о субстрате, в котором выращиваются растения. Весьма перспективна гидропонная культура. Ее развитию способствуют знания физиологии минерального питания. Следует отметить, что в последнее время в европейских странах (Дания, Нидерланды, Великобритания) начинают находить применение и другие перспективные способы (выращивание на минеральной вате типа «Гродан», в тонком слое питательного раствора и т. д.).

Широкое применение в защищенном грунте находят полимерные материалы. Япония занимает одну из ведущих позиций в мире по разработке и внедрению различных покрытий этого рода. Внедрение новых материалов, как говорится в статье, потребовало и соответствующих исследований по фотобиологии, подбору специальных культур и т. д.

Развитие тепличного хозяйства ставит также перед учеными-селекционерами как Японии, так и других стран задачу выведения новых сортов и гибридов сельскохозяйственных культур для защищенного грунта с повышенной отзывчивостью на создаваемые благоприятные условия, высокой продуктивностью и скороспелостью, способностью нормально развиваться зимой в условиях пониженной освещенности и т. д.

Рис. 13. Программа круглогодичного выращивания тепличных огурцов

Производство овощей в теплицах

Огурцы. Современные методы овощеводства защищенного грунта позволяют выращивать огурцы в течение круглого года. На рис. 13 показана разработанная японскими учеными программа круглогодичного выращивания тепличных огурцов. Обычно молодые огуречные растения прививают на сеянцы мускатной тыквы (Cucurbita moscata), на гибрид тыквы крупноплодной (C. maxima) и мускатной или же на фиголистную тыкву (C. ficifolia). Последняя является лучшим подвоем при пониженных температурах.

Использование прививки на устойчивые к прикорневым гнилям подвои позволяет получать здоровые огуречные растения, которые в обычных условиях поражаются этими заболеваниями.

Дыни. Из-за большого количества осадков выращивание дынь в Японии возможно лишь в условиях защищенного грунта. Для дынь предпочтительны неравноскатные теплицы с остекленной кровлей.

Некоторые сорта, в том числе канталупы, выращивают в пленочных теплицах (рис. 14), а гибриды с восточной дыней (Cucumis melo var. connomon) — в тоннелях. Как правило, молодые растения прививаются на сеянцы мускатной тыквы или гибрида первого поколения мускатной и крупноплодной тыкв.

Томаты. Для томатов в Японии также разработаны специальные программы круглогодичного выращивания. Этих программ для тепличных культур несколько. В одних случаях ведется многосборовая культура (начинает плодоносить через 1—1,5 месяца после посадки и дает плоды в течение 5 месяцев). По другой программе производится загущенная посадка томатов с оставлением на каждом растении только одной плодовой кисти, и сбор всего урожая производится практически разом, в течение одной недели.

Нередко томаты выращиваются под частичным укрытием (рис. 15), то есть без сооружения капитальных теплиц с системой регуляции условий произрастания. Но даже частичное укрывание *благоприятствует* плодообразованию, а затем

Рис. 14. Плодоношение дынь в пленочной теплице

Рис. 15. Выращивание томатов под частичным укрытием

дальнейшему росту плодов, так как защищает растения от дождя и снижает опасность перегревов растений.

В последнее время при ведении культур томата мы внедряем метод иммунизации растений в целях предупреждения опасности поражения их вирусом табачной мозаики (ВТМ). При этом молодые растения опрыскиваются растворами слабых штаммов ВТМ.

Баклажаны. Баклажан — также одна из наиболее важных в стране овощных культур. В холодный сезон он выращивается в пленочных теплицах или в больших тоннелях. При бессменной культуре для предупреждения возникновения бактериальных и грибковых заболеваний часто применяют прививку, причем подвоем для баклажана служит томат (Solanum integrifolium).

Земляника. Землянику по разработанным программам можно выращивать круглый год, за исключением наиболее жаркого сезона в Японии, охватывающего июль — август. Для этого мы применяем ряд агротехнических приемов.

Чтобы вызвать образование цветков, рассаду (усы) выращивают в зоне пониженных температур — в основном в горах на высоте 700—1000 м — и после месячного воздействия холодом высаживают в теплицы (рис. 16).

Для нарушения покоя растения подвергают дополнительному воздействию холодом в холодильнике. Для стимуляции цветения их обрабатывают на определенной стадии гиббереллином (0,0005%) и (или) применяют дополнительное электрооблучение (досвечивание побегов).

Для получения урожая в октябре — декабре рассаду с февраля по сентябрь хранят в холодильных камерах.

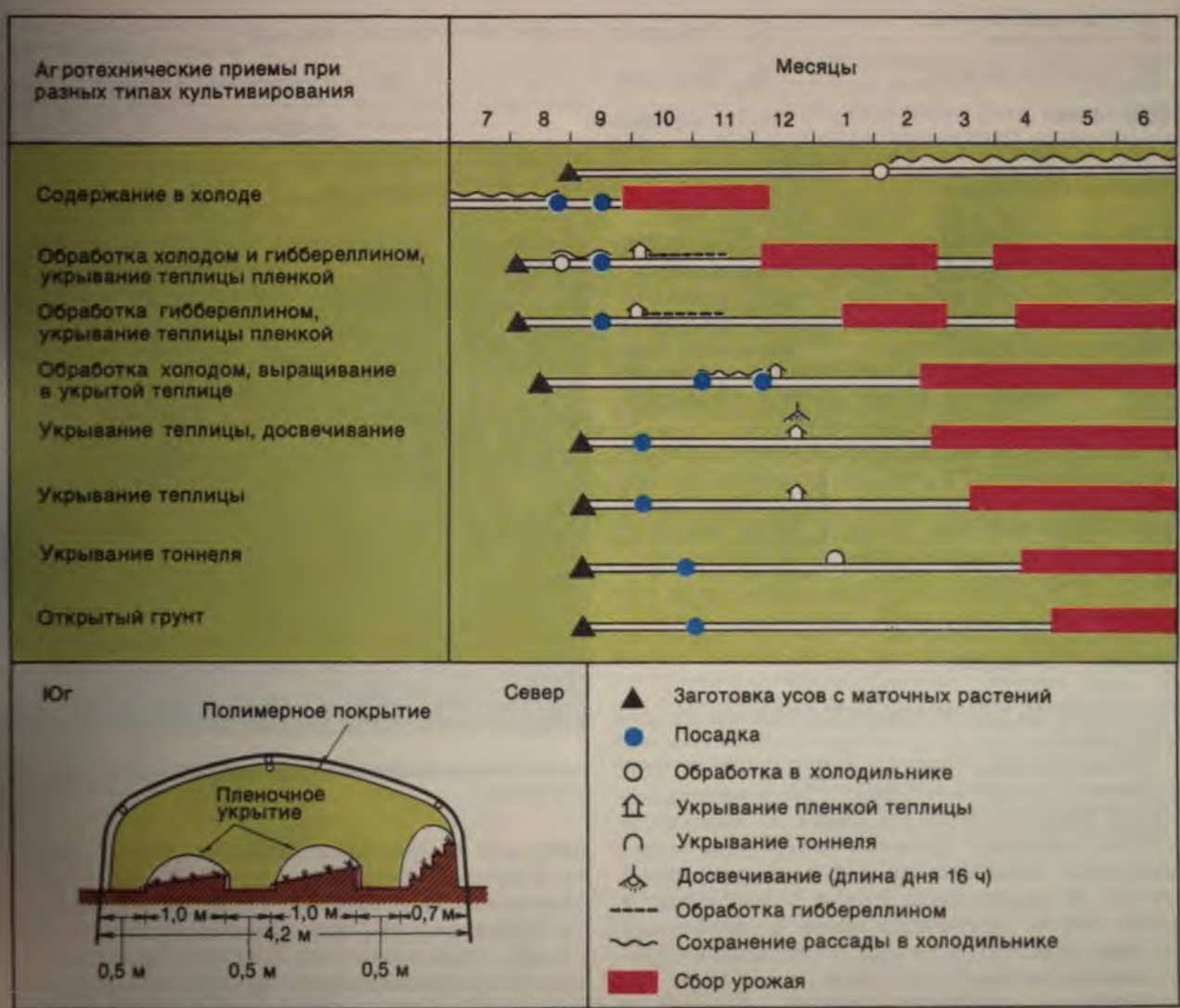


Рис. 16. Теплица для выгоночной культуры земляники и программы различных способов культивирования земляники в Японии

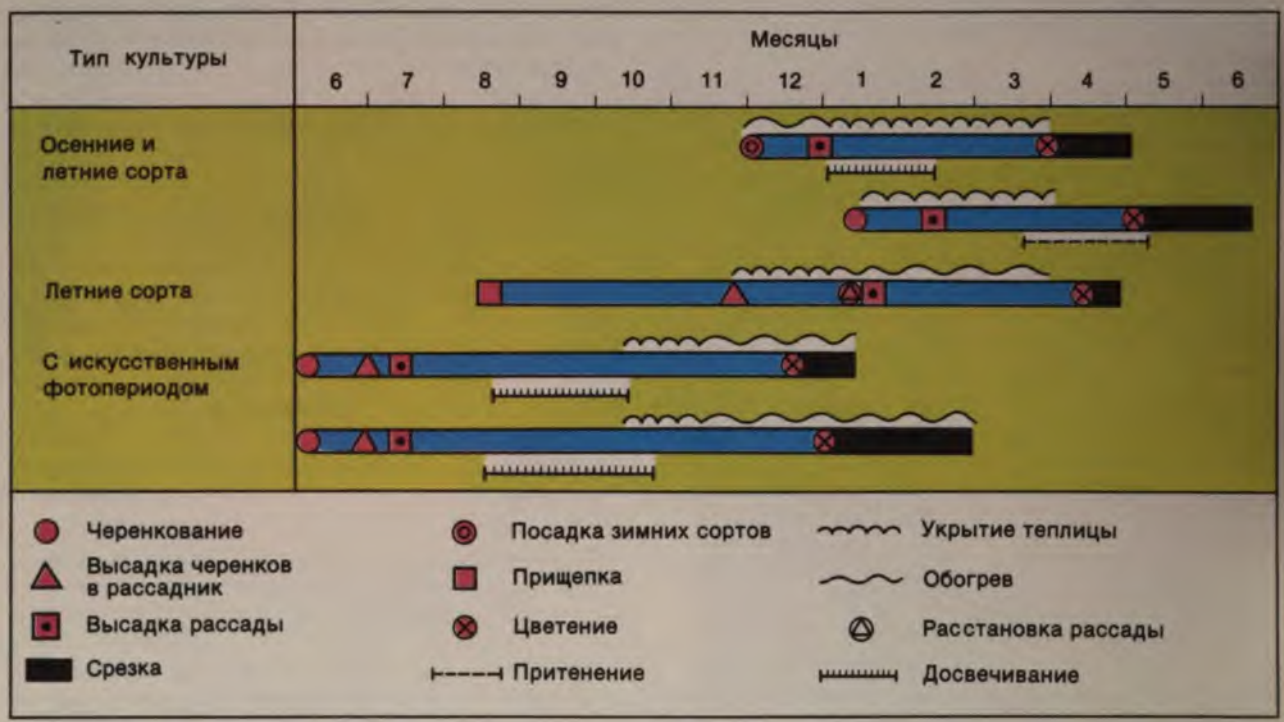


Рис. 17. Программа выращивания тепличных хризантем

Производство цветов

Наиболее популярные и важные в Японии цветы как на срезку, так и горшочные — хризантемы.

Имеется много сортов различной экологической специализации (сорта летнего, осеннего и зимнего выращивания), что обеспечивает возможность производства хризантем в открытом грунте и в обогреваемых и необогреваемых теплицах в течение круглого года.

Способы ведения тепличной культуры хризантем представлены на рис. 17. В связи с тем что хризантемы — растения короткого дня, такой прием, как затемнение, стимулирует их цветение, а удлинение светового периода путем досвечивания — задерживает.

Производство фруктов

В защищенном грунте возделываются виноград и цитрусовые.

Виноград. Сорт Мускат александрийский выращивается только в теплицах. Среди возделываемых в Японии сортов винограда он выделяется лучшим качеством, однако в то же время очень подвержен заболеваниям и боится дождливой погоды. В защищенном грунте выращивают и другие сорта, преимущественно в пленочных теплицах (рис. 18), а иногда в теплицах с ограждением из листового пластика.

Наиболее распространенный тепличный сорт — Делавэр. Он может выращиваться и в *открытом грунте, однако* в теплицах созревание

Рис. 18. Выращивание винограда сорта Ризамат в пленочной теплице

наступает на 20—30 дней раньше. Вся культура этого бессемянного сорта ведется с применением обработок гиббереллином. Исследования выявили эффективность двукратной обработки: за 10—20 дней до цветения и через 15 дней после него (оба раза концентрация препарата —0,01%). Первая обработка вызывает образование бессемянных плодов, а последующая стимулирует их развитие. Индуцировать бессемянность гиббере-

Рис. 19. Выращивание винограда сорта Киохо под поливинилхлоридной пленкой

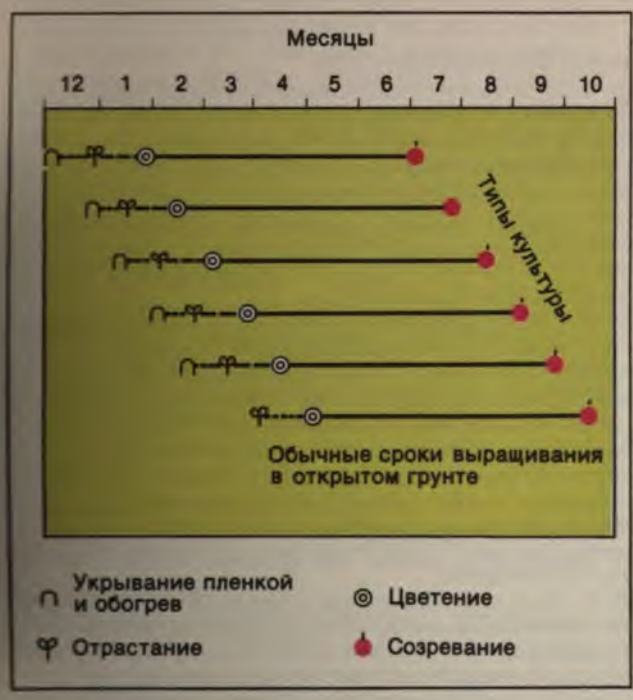


Рис. 20. Программа выращивания ранней культуры мандаринов

лином можно, обрабатывая растения и других сортов, таких, как Киохо, Мускат Бейли А и т. д.

Лоза покрывается пленкой перед началом образования побегов. Раннее укрывание предполагает и ранний урожай. Факты, однако, показывают, что слишком раннее укрывание приводит к слабому побегообразованию вследствие сокращения определенного температурного периода, обеспечивающего выход почек из состояния покоя. Для преодоления этого почки протирают тряпочкой с 3% раствором азотнокислого кальция — вещества, нарушающего покой.

На рис. 19 показано ведение культуры винограда при частичном укрывании его поливинилхлоридной пленкой. Даже этот простой прием способствует самоопылению цветков, а также несколько повышает температуру воздуха возле почвы.

Цитрусовые. В качестве выгоночной культуры (культуры ускоренного выращивания) в пленочных теплицах выращивают мандарины (рис. 20). Раннее укрытие с обогревом дает ранний урожай. Самый ранний срок уборки — конец июня.

Лимонные деревья в Японии сильно страдают от дождей и зимних холодов. Их также разводят в защищенном грунте.

* * *

Приведенные нами данные показывают значение исследовательских разработок для ускорения сроков созревания, улучшения качества, увеличения урожаев и круглогодичного производства овощей и плодов.

СТО ЛЕТ НАЗАД

ФРАНЦИЯ. Солнечная машина. Профессор Пифр, известный своими совершенствованиями солнечной машины, читал недавно в Бордо лекцию, в которой он снова указывал на преимущества этого двигателя для тропических стран. Машина теперь до того усовершенствована, что она обладает 80% полезного эффекта и с рефлектором площадью в 9 ¼ квадратного метра может вскипятить 50 метров воды в течение 40 минут. Так как машина не требует никакого ухода, то в жарких странах она может оказать большие услуги при орошении, а также при дистилляции и фабрикации эссенций.

«Нива»

МОСКВА. Новейшие исследования солнечного спектра (С. Ленгли) указывают, что максимум лучистой энергии соответствует пространству между В. и С. Фраунгофера. Именно здесь лежит характеристическая абсорбционная полоса хлорофилла. Хлорофилл является, таким образом, поглощающей средой, специально приноровленною для утилизации лучей наибольшей энергии, и образование его в растениях представляет один из поразительных примеров применения организма к условиям среды.

Из сообщения проф. К. А. Тимирязева на 41-м заседании отделения физических наук Общества любителей естествознания

Лев Константинович ЭРНСТ
(р. 1929) — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик и вице-президент ВАСХНИЛ. Родился на станции Сеньково Владимирской области. В 1951 окончил Кировский сельскохозяйственный институт по специальности ученый-зоотехник.
С 1954 по 1956 работал во Всесоюзном научно-исследовательском институте животноводства (ВИЖ) младшим научным сотрудником. В 1956—1959 был доцентом и заведующим кафедрой сельскохозяйственных животных Кировского сельскохозяйственного института. С 1959 по 1970 работал в ВИЖе старшим научным сотрудником, заведующим счетно-вычислительной лабораторией, заместителем директора по научной работе, а с 1970 по 1975 — директором института.
В 1976 возглавил Отделение ВАСХНИЛ по нечерноземной зоне РСФСР. За сравнительно короткий срок под его руководством в институтах этого отделения были расширены исследования по наиболее актуальным вопросам развития сельского хозяйства, повышена эффективность научных работ.
С 1978 — академик-секретарь Отделения животноводства ВАСХНИЛ, а с 1979 — вице-президент ВАСХНИЛ.
Л. К. Эрнст — лауреат премии Совета Министров СССР, автор более 360 научных работ, в том числе автор и соавтор более 18 монографий, среди них: «Современные методы совершенствования молочного скота», «Генетические основы племенного дела в скотоводстве», «Повышение жирномолочности коров при чистопородном разведении», «Промышленное производство молока: опыт и проблемы», «Технология племенной работы в молочном животноводстве».
В последние годы Л. К. Эрнст уделяет большое внимание разработке современной технологии производства молока и говядины на промышленной основе, проблемам селекции в молочном скотоводстве.
Наряду с исследовательской работой проводит большую научно-организационную работу по внедрению научных достижений в производстве. Он вице-президент Всесоюзного общества селекционеров и генетиков, председатель экспертного Совета ВАК по животноводству и ветеринарии, член Пленума ВАК, член редколлегии журналов «Вестник сельскохозяйственной науки» и «Животноводство», автор и ведущий телепередачи «Школа передового опыта животноводов Подмосковья».
Л. К. Эрнст награжден орденами Трудового Красного Знамени и Знак Почета, а также медалями.

Федор Федорович ЭЙСНЕР
(р. 1916) — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корреспондент ВАСХНИЛ. Уроженец Москвы. Окончил в 1937 Московскую сельскохозяйственную академию. С 1949 работает в Научно-исследовательском институте животноводства Лесостепи и Полесья УССР. С 1954 — заместитель директора института по научной части. В 1965 защитил докторскую диссертацию, в 1970 избран членом-корреспондентом ВАСХНИЛ.
Ф. Ф. Эйснер разработал основные принципы выведения линий крупного рогатого скота, реализованные при коллективном создании двух новых линий черно-пестрого молочного скота. Он автор метода перспективного планирования племенной работы, внедренного в практику ряда племенных хозяйств, основных положений крупномасштабной селекции, получивших широкое признание, и системы комплексной оценки быков-производителей по происхождению, индивидуальным особенностям, качеству потомства.
Ф. Ф. Эйснер развил учение о породе животных в связи с биологическим понятием популяции. Выдвинул положение о зональном типе как высшей внутрипородной структурной единице и разработал ряд методических приемов, способствующих повышению эффективности селекции. Им опубликовано 197 научных работ.

ЛЕВ КОНСТАНТИНОВИЧ ЭРНСТ
ФЕДОР ФЕДОРОВИЧ ЭЙСНЕР

Крупномасштабная селекция в скотоводстве

Крупномасштабная селекция — это система взаимосвязанных мероприятий, обеспечивающих улучшение наследственных качеств животных в больших массивах скота — в масштабе области, зоны, республики или по породе в пределах всего ее ареала. Значение такой селекции особенно возрастает в свете задач, поставленных перед наукой и практикой в области животноводства XXVI съездом КПСС. В принятых съездом Основных направлениях развития нашей страны указано: «Повысить уровень селекционной работы по совершенствованию племенных и продуктивных качеств животных, созданию новых высокопродуктивных пород, линий гибридов скота и птицы, отвечающих требованиям промышленной технологии».

Теоретической основой крупномасштабной селекции служит популяционная генетика, изучающая закономерности движения генетической информации по поколениям в группах особей, связанных некоторой генетической общностью и сходством условий обитания. При этом группа организмов, объединяемая понятием популяция, рассматривается как единое целое, как наименьшая таксономическая (классификационная) единица со свойственными ей закономерностями жизни и развития.

Основы популяционной генетики заложил советский ученый С. С. Четвериков в результате синтеза положений дарвинизма, генетики и математического анализа. Дальнейшие исследования Н. П. Дубинина, Ф. Добжанского (США), английских генетиков Дж. Холдейна (Haldane), Р. Фишера (Fisher) и других подтвердили большое значение генетики популяций для многих отраслей науки — эволюционной теории, селекции, систематики, экологии.

Краеугольный камень всей популяционной генетики — закон Харди—Вайнберга (сформулированный независимо друг от друга английским математиком Г. Харди и немецким врачом В. Вайнбергом в 1908 г.). Этот закон постулирует постоянство генотипического состава в свободно размножающихся популяциях при постоянстве частоты генов. Однако реализация этого закона в каждом конкретном случае ограничена, по определению Н. П. Дубинина, целым рядом условий, касающихся величины популяции, влияния на ее цельность других популяций, отбора, мутаций и т. д.

Основные положения популяционной генетики разработаны применительно к природным ассоциациям живых организмов, эволюция которых определяется естественным отбором.

В популяциях сельскохозяйственных животных интенсивность отбора не менее велика, но он носит двоякий характер. Прежде всего действует целеустремленный искусственный отбор по ограниченному числу хозяйственно- полезных признаков, исключающий из популяции в каждом поколении до 30% женских особей и до 90—95% мужских. Наряду с этим немалую роль играет отбор естественный. Заключается он в преимущественном сохранении и размножении особей, наиболее приспособленных не только к данным природным, но и хозяйственно-технологическим условиям.

Тем не менее основные закономерности изменения наследственной популяционной структуры приложимы и к популяциям сельскохозяйственных животных при организации плановой племенной работы с ними.

Под популяцией сельскохозяйственных животных понимают достаточно большую (для длительного замкнутого разведения) группу особей, имеющих некоторую генетическую общность и разводимых в относительно сходных условиях конкретной природно-хозяйственной зоны. Генетическая общность определяется принадлежностью к одной породе, а сходство условий — единством зональных климатических факторов, преобладающим типом кормления, основными параметрами принятой системы содержания и использования.

Популяционная генетика использует статистические методы, основанные на законе больших

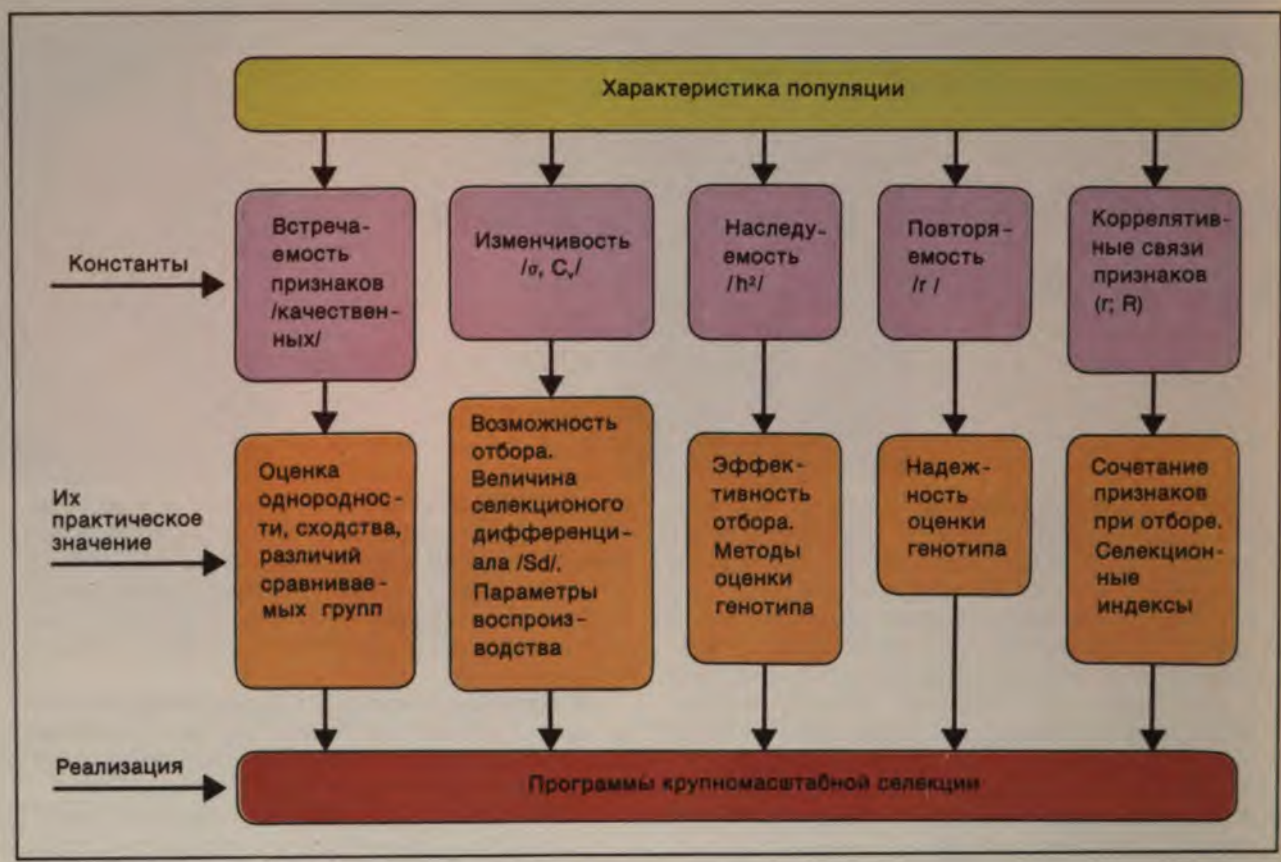


Рис. 1. Схема использования популяционной генетики в селекции скота

чисел при случайном распределении вариантов. Следовательно, и закономерности популяционной генетики могут быть применимы по отношению к группам животных, распределение которых по учитываемым признакам приближается к нормальному вариационному ряду в соответствии с кривой Гаусса. Это соответствие нормальному распределению и представляется основным критерием при определении нижней границы популяций для программирования селекции с использованием констант популяционной генетики.

Что касается максимальной величины популяций, то этот вопрос представляет особый интерес для нашей страны с широким ареалом основных плановых пород животных. Можно ли, например, считать единой популяцией симментальский скот, разводимый в СССР от западных границ до восточных, или красный степной скот в хозяйствах Молдавии и Забайкалья? Ведь еще в 1930 г. профессор О. В. Гаркави убедительно показал, что животные одной породы, разводимые в разных условиях, менее сходны, чем животные разных пород, длительно находящиеся в одинаковых условиях.

Наибольшей группой сельскохозяйственных животных, отвечающей понятию популяция, мы *считаем* зональный тип животных, представляющий собой самую крупную внутрипородную структурную единицу, которая в то же время является наименьшей группой животных, еще способной к самостоятельной групповой эволюции.

Для генетической характеристики отдельных популяций и разработки методов дальнейшей селекции используют следующие константы популяционной генетики, вычисляемые путем биометрической обработки первичной информации по каждому селекционируемому признаку (рис. 1):

1. Встречаемость признака, т. е. относительное число особей в популяции, обладающих данным качеством.

2. Изменчивость признаков, т. е. степень разнообразия животных в популяции по каждому учитываемому при селекции признаку.

3. Наследуемость, о которой практически судят по величине связи между показателями родственных животных (матерей и их дочерей, братьев или сестер, полубратьев или полусестер и т. д.).

4. Повторяемость признаков, т. е. степень совпадения между результатами повторных оценок животных (например, между показателями удоев коров за первую и последующие лактации).

5. **Взаимозависимость** (корреляция) между признаками. Селекцию животных никогда не ведут по одному признаку, а потому необходимо знать, как изменение одного из признаков отразится на развитии других биологических и хозяйственных особенностей животных.

Основной путь улучшения наследственных качеств животных — отбор, т. е. выделение в пределах популяции отдельных групп животных, различающихся по своим хозяйственно полезным и биологическим качествам и в силу этого по-разному используемых в последующей племенной работе: наиболее ценные берутся для воспроизводства состава производителей, следующие за ними по качеству — для воспроизводства маточного состава, худшие — для получения молодняка мясного назначения и самые плохие — на выбраковку.

Эффективность отбора определяется величиной изменчивости. При малой изменчивости мы можем просто не найти в стаде особей, отвечающих нашим требованиям, или выявим такое число их, которое не обеспечивает необходимых темпов воспроизводства стада.

Излишне большая изменчивость также не желательна, так как, проявляясь в каждом последующем поколении, зачастую приводит нас к первоначальным средним показателям популяции у потомства животных, отобранных по тому или иному признаку.

Существенное значение в племенной работе имеет показатель повторяемости признаков. Многие исследователи считают, что он наиболее полно отражает степень генетической обусловленности того или иного признака: чем более «жестко запрограммирован» наследственностью данный признак, тем меньше он будет колебаться под влиянием внешних факторов. Естественно, что наиболее устойчивы будут признаки, обусловленные малым числом генов. По мере усложнения генетической детерминации (обусловленности, определяемой совокупностью генов) коэффициент повторяемости будет снижаться. Мы, однако, на практике наблюдали не раз, что один и тот же признак в разных условиях среды может быть обусловлен неодинаковым сочетанием наследственных задатков, и поэтому низкий коэффициент повторяемости может в ряде случаев отражать не слабую генетическую обусловленность данного признака, а перестройку самой системы генетической детерминации его под влиянием изменившихся условий. Косвенным показателем такой перестройки может служить изменение характера коррелятивных связей этого признака с другими.

Наследуемость разных признаков, использованию установленных значений для прогнозирования эффекта селекции посвящено огромное число работ у нас и за рубежом. Действительно, показатель наследуемости может быть использован в качестве ориентира при перспективном планировании племенной работы. Однако значение его, как показывает наш опыт, не следует переоценивать.

Коэффициент наследуемости удоя за первую лактацию

Группы животных	Годы кормления	Племзаводы			
		«Матусово»	«Червоный Велетень»	«Диктатура»	«Большевик»
Матери Дочери	Наихудшие Наихудшие	0,024	0,194	0,142	0,238
Матери Дочери	Наихудшие Наилучшие	0,274	0,186	0,160	0,212
Матери Дочери	Наилучшие Наихудшие	0,192	0,344	0,034	−0,046
Матери Дочери	Наилучшие Наилучшие	0,528	0,584	0,394	0,416

Коэффициент наследуемости — это доля изменчивости, обусловленная генотипом (генетической конституцией), в рамках общей вариабельности данного признака. Так, коэффициент наследуемости 0,3 означает, что различия между животными в популяции на 30% обусловлены их наследственностью и на 70% — влиянием условий внешней среды. Однако наследственность всегда проявляется в конкретных условиях. Вне среды — наследственность лишь абстрактное понятие.

Генотип определяет норму реакции организма на внешние условия. Меняются условия — неизбежно меняется и норма реакции. Значит, отделять влияние наследственности от влияния среды можно лишь с большой долей условности и лишь в ограниченных пределах колебания внешних факторов.

Это подтверждается нашими данными, приведенными в таблице по четырем племенным заводам молочного скота.

Из таблицы видно, что в зависимости от условий кормления коэффициент наследуемости колеблется в очень широких пределах, а иногда приобретает нереальное значение (−0,046).

В теоретическом плане понятие наследуемости также требует уточнения. Величина коэффициента наследуемости зависит от степени гомозиготности (сходства парных генов тех или иных признаков) животных в популяции. Чем выше гомозиготность, тем меньше генотипическая изменчивость. Она зависит и от степени генетической однородности популяции. Животные могут быть гетерозиготными (несущими разные формы тех или иных генов), но сходными по

наследственному набору — генотипу, что также отразится на величине генетической изменчивости. Несомненное влияние на величину наследуемости оказывает сложность генетической обусловленности признака: чем меньшим числом генов он обусловлен, тем выше будет доля генетической изменчивости.

Предложено до полутора десятков методов вычисления наследуемости: по удвоенной корреляции между показателями матерей и дочерей, по удвоенному коэффициенту регрессии этих же показателей, по корреляции между так называемыми сибсами или полусибсами, методом дисперсионного анализа и др. Нередко коэффициенты, вычисленные разными методами, имеют весьма различные значения.

Не придавая излишнего значения цифровому выражению коэффициента наследуемости, мы делим селекционные признаки на две группы: с меньшей и большей устойчивостью в передаче от родителей потомству.

При высокой наследуемости достаточно эффективен отбор животных по их собственным показателям. Так, отбирая наиболее крупных животных, можно быть уверенным, что и потомство их будет превосходить по крупности средние показатели популяции, хотя и на меньшую величину, чем это имело место у их родителей. Достаточно эффективен отбор, например, среди овец по настригу и качеству шерсти.

Значительно меньшей степенью наследуемости отличаются признаки молочной продуктивности (удой за лактацию, высший суточный удой, содержание жира и белка в молоке), а также убойные качества животных.

Здесь отбор по собственной продуктивности животных недостаточен — нужна оценка животных по качеству их потомства.

Особое место в ряду других занимают признаки, связанные с воспроизводительной функцией животных. Все они отличаются низкими значениями коэффициента наследуемости, хотя никто не сомневается в их строгой наследственной обусловленности. Дело в том, что коэффициент наследуемости улавливаст лишь ту долю наследственной изменчивости, которая обусловлена аддитивным наследованием, т. е. суммарным действием доминантных генов, а не межаллельными взаимодействиями (между различными парами генов). Между тем в наследовании признаков плодовитости большое влияние, видимо, имеют именно неаддитивные явления, когда изменения даже одного локуса (участка хромосомы, где находится ген одного признака) ведут к тем или иным сдвигам в генотипе в целом. Овладение закономерностями наследования признаков плодовитости — дело будущего.

Как уже упоминалось, все константы популяционной генетики зависят не только от наследственных особенностей данной группы животных, но и от условий, в которых эта группа находится.

Значит, во-первых, устанавливать все константы популяционной генетики можно только для каждого конкретного стада и для конкретных условий кормления и содержания, и во-вторых, эффективная племенная работа возможна только в том случае, когда условия кормления и содержания благоприятствуют развитию желательных признаков. Это полностью относится и к одной из важнейших констант популяционной генетики, характеризующих возможность эффективной селекции, — показателю коррелятивных связей между признаками. Академик Н. И. Вавилов указывал, что коэффициент корреляции служит основным понятием практической селекции.

Так, например, при племенной работе с молочным скотом учитывают величину удоя, содержание жира, а теперь все чаще — и содержание белка в молоке, живую массу животных, развитие и форму вымени, экстерьерные особенности. Отбор по любому из этих признаков неизбежно отразится на значении других. Если связь между признаками положительная (т. е. с увеличением одних показателей повышаются и другие), то в ряде случаев целесообразно добиваться улучшения лишь одного признака, так как остальные будут улучшаться сами по себе. Значительно труднее вести селекцию, если признаки связаны отрицательной зависимостью, когда с увеличением показателей по одному из них показатели другого или других снижаются. Здесь нужен напряженный отбор по избранным признакам с выделением иногда очень малого числа животных, обладающих удачным сочетанием желательных качеств, или же изменение характера связей признаков путем межпородного скрещивания.

О взаимосвязи между признаками судят, вычисляя коэффициенты прямолинейной корреляции и регрессии (ослабления) и корреляционное отношение, пользуясь методами дисперсионного и регрессионного анализа.

К сожалению, отражая меру связи между признаками, эти показатели не вскрывают биологической сущности такой связи. Ведь тот или иной характер зависимости между двумя признаками может быть обусловлен плейотропным (многообразным) действием генов, местоположением локусов, обусловливающих эти признаки, чисто физиологической связью, созданной отбором.

Еще в 1923 г. профессор Е. А. Богданов писал, что стоит серьезно поработать, как получится совершенно определенный результат: животные лучших пород и заводов будут одновременно иметь целую цепь первоначально даже редко соединяющихся и, конечно, совершенно самостоятельных задатков. Эту цепь они станут верно передавать всю целиком по наследству.

Таким образом, отбор, проводимый в соответствующих условиях среды, не только усиливает

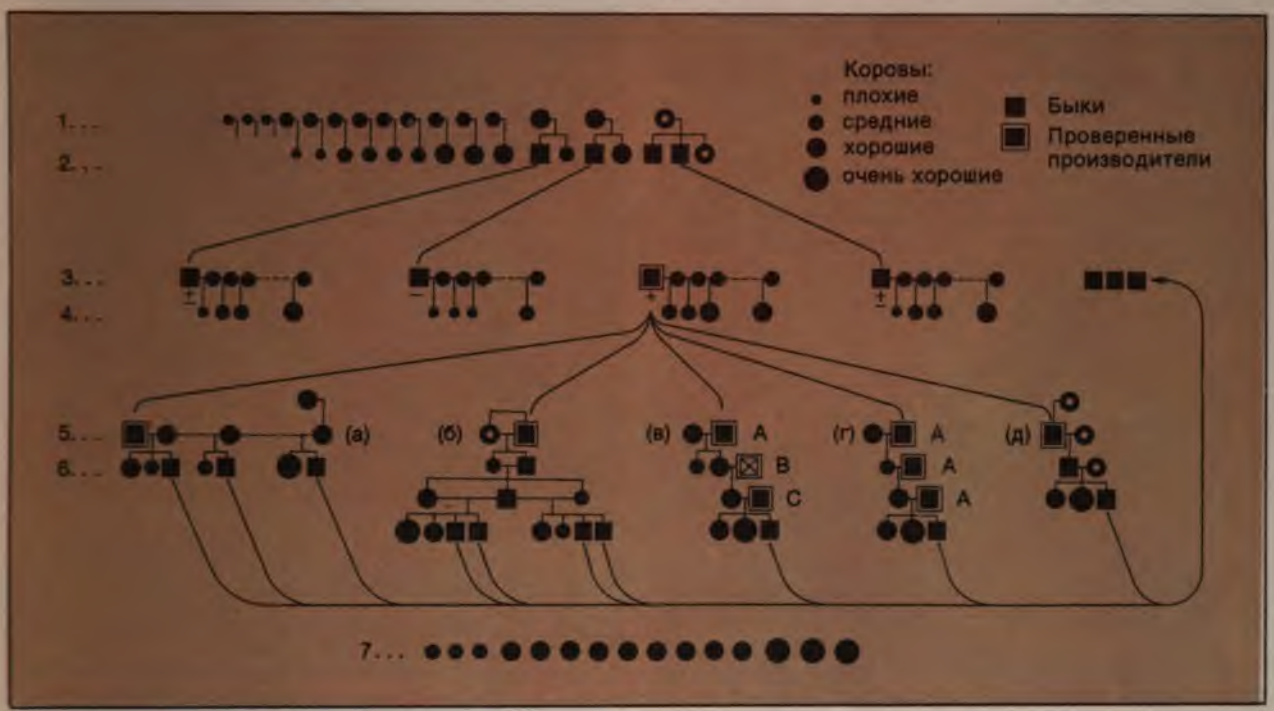


Рис. 2. Схема селекционной работы с молочным скотом (по О. В. Гаркави): 1 — исходная популяция, состоящая из плохих, средних и хороших коров; 2 — выращивание телок от средних и хороших коров, а бычков на племя — только от лучших; 3 — скрещивание (для испытания) племенных быков с несколькими коровами среднего качества; 4 — телки, продуктивность которых меньше, равна или выше средней величины продуктивности материнского ряда; 5 — проверенные быки, используемые для скрещивания с рекордистками (а), родственного разведения по схеме «брат × сестра» (б), постепенного насыщения линии кровями проверенных быков A, B, C ... (в), близкородственного скрещивания по отцовской (г) и материнской (д) линии; 6 — новые систематические испытания мужского потомства путем скрещивания, как в 3; 7 — ожидаемый результат селекции: сдвиг популяции в сторону повышения средней продуктивности и появления «рекордов»

развитие отдельных качеств животных, не только повышает изменчивость в том направлении, в котором он проводится, но и создает новые биологические связи в организме, новые сочетания качеств. Комбинированные породы скота, сочетающие высокое развитие двух определенных видов продуктивности (допустим, по молоку и мясу), — тому убедительные примеры.

Выступая на Всесоюзном совещании по племенной работе в мае 1979 г. академик Д. К. Беляев подчеркнул, что резкое изменение условий содержания животных ведет к нарушению установившихся внутренних коррелятивных связей, к проявлению дестабилизирующего отбора, под влиянием которого существенно расширяется диапазон комбинативной изменчивости, появляются новые сочетания признаков, новый материал для целеустремленной селекции. Эта закономерность приобретает сейчас очень важное практическое значение в связи с переводом животноводства на промышленную основу и внедрением новых технологических систем содержания животных.

Отбор — могучее орудие в руках человека, и его умелое, основанное на твердых биологических знаниях применение открывает широчайшие возможности дальнейшего совершенствования стад и пород. Сейчас во всех странах мира при составлении программ крупномасштабной селекции разрабатывают наиболее эффективные системы отбора по установленным для той или иной популяции генетическим константам.

Крупномасштабная селекция, как мы подчеркнули с самого начала, имеет дело не с отдельными животными, а с большими группами, составляющими популяцию селекционируемых животных.

К отдельным животным и результатам единичных спариваний методы крупномасштабной селекции неприменимы, но по отношению ко всему массиву скота они дают гарантированный эффект. Так, при повышенной выранжировке (выбраковке) коров-первотелок могут быть выведены из стада животные, которые в последующем могли бы иметь высокую продуктивность, но в целом по стаду это мероприятие себя оправдает, так как лучшие первотелки (в среднем при большом числе животных), как правило, бывают более продуктивными и в старшем возрасте, к тому же дают несколько лучшее потомство. На реализацию закономерностей больших чисел и рассчитана крупномасштабная селекция.

Следует отметить, что приоритет в разработке методов планирования и управления племенной работой по большим массивам сельскохозяйственных животных принадлежит советской зоотехнической науке. Здесь проявилась закономерность, заключающаяся в том, что научные идеи рождаются тогда, когда в них возникает потребность общества. В двадцатых годах начато было осуществление кооперативного плана В. И. Ленина. Надо было охватить деятельность отдельных хозяйств единой системой мероприятий, обеспечивающих улучшение наследственных качеств животных. В 1928 г. академик Е. Ф. Лискун выдвинул принцип «гнездовой» племенной работы, объединяющей «волей одного селекционера» до полутора тысяч коров и более. В том же году профессор О. В. Гаркави разработал общую принципиальную схему племенной работы (рис. 2), многие положения которой сохранили свое значение и в наши дни. Она на шесть лет опередила соответствующие разработки американского специалиста Д. Леша (Lush).

В 1934 г. впервые в мире профессор Д. А. Кисловский сформулировал понятие о породе как о целостной динамичной системе, прогрессивное развитие которой направляется трудом человека в конкретных природных и хозяйственно-экономических условиях.

В настоящее время при разработке селекционных программ моделируют (с помощью электронно-вычислительных машин) различные варианты селекции и выбирают для практического использования вариант, дающий наибольшие сдвиги в показателях продуктивности животных с каждым последующим поколением.

Согласно современным представлениям, эффективность селекции определяется: 1) величиной селекционного дифференциала, т. е. разницей между показателями животных, отобранных для воспроизводства, и средними показателями популяции; 2) степенью наследуемости селекционируемых признаков, т. е. степенью совпадения «рангов» родителей и их потомства; 3) быстротой смены поколений; 4) числом признаков, по которым ведут селекцию и 5) характером корреляционных связей между ними.

Наиболее эффективно использовать все эти факторы генетического прогресса при построении оптимальных программ крупномасштабной селекции — основная задача современной науки о разведении сельскохозяйственных животных.

Наибольший селекционный дифференциал по тем или иным признакам обеспечивается за счет соответствующего отбора быков-производителей. При искусственном осеменении, когда за одним производителем закрепляют 2—3 тыс. коров и более, достаточно оставлять для племенных целей менее 0,5% наиболее ценных животных от *общего числа* рождающихся бычков. Поэтому во

Рис. 3. Общая схема крупномасштабной селекции молочного скота, показывающая распределение животных по назначению в расчете на 100 000 коров

всех селекционных программах основное внимание уделяют оптимизации применяемых методов оценки и отбора производителей. Что же касается, например, ускорения темпов смены поколений, то оно обеспечивается за счет повышения нормы ежегодной замены маточного состава и накопления ограниченного запаса замороженного семени от каждого оцениваемого быка.

Общую схему крупномасштабной селекции молочного скота мы даем на рис. 3.

Нами были приняты следующие нормативы: нагрузка на 1 быка — 1000 коров; доля быков-улучшателей — 1 из 4; выбраковка быков — 20%; для оценки одного быка закрепляется 120 коров (50 дочерей); число коров в племенных хозяйствах (с учетом племенной продажи) —

6,8%; количество лучших быкопроизводящих коров (с учетом выбраковки бычков по развитию, экстерьеру и спермопродукции — 50%) — 0,4—0,5%.

В расчете на каждые 100 тыс. коров для их осеменения по принятой норме нагрузки нужно 100 быков. Для ремонта состава быков нужно ежегодно 20 быков. Если отбирать из числа родившихся бычков половину по развитию, экстерьеру и качеству спермопродукции, а из этой половины — одну четверть по результатам оценки их по качеству потомства, то для получения 20 ремонтных быков-улучшателей надо ежегодно выращивать 160 бычков, для чего требуется около 400 коров. Для тщательного отбора и пополнения этого состава коров нужны достаточно ценные племенные животные, принадлежащие к ведущим линиям и семействам данной породы. За этими коровами закрепляются наиболее ценные быки-улучшатели, выбранные по качеству потомства (рис. 4). 80 бычков от быкопроизводящих коров поступают на такую оценку.

Для этого нужно потомство от 10 тыс. (120 × 80) коров с продуктивностью не ниже средних показателей данного массива скота. Бычки от этих коров и проверяемых быков потом идут на мясо, а телки — на ремонт общего стада.

Важным фактором эффективности племенной работы служит планируемый уровень воспроизводства стада. От него зависят параметры отбора по всем возрастным группам маточного поголовья, а следовательно, и возможность установления так называемого относительного давления отбора по отдельным селекционным признакам.

Обычно принято считать, что основной генетический прогресс стада достигается за счет отбора и использования быков-улучшателей, оцененных по качеству потомства, а отбор маточного состава обеспечивает не более 5% генетического улучшения.

Однако при этом упускают из виду, что влияние быков может быть реализовано только через отбор маток: чем больше дочерей быка-улучшателя будет введено в стадо взамен выбракованных коров, тем сильнее будет его воздействие на стадо в целом.

Но есть и еще одно важное обстоятельство, не всегда учитываемое в племенной работе. Тип животных, как уже говорилось, формируется двумя факторами: искусственным отбором и влиянием природных и хозяйственных условий их существования. Селекция должна быть направлена на выведение животных, способных к максимальной продуктивности в данных конкретных условиях без нарушения здоровья и плодовитости. Учесть эту приспособленность к данным условиям при отборе производителей далеко не всегда возможно. Ведь часто используют производителей, оцененных в другой природно-хозяйственной зоне, даже в другой стране с иной технологией кормления и содержания. В маточном же стаде животные, не приспособленные к данным условиям, снизят продуктивность, потеряют плодовитость и будут в первую очередь выбракованы.

Поэтому ежегодный ввод в стадо 25—30 первотелок на каждые 100 коров, имеющихся в начале года, вполне оправдан в молочном стаде и практикуется во всех странах с развитым скотоводством. Это в равной мере относится и к другим отраслям животноводства.

Разумеется, приведенные нами нормативы не могут найтн повсеместное применение. Одна из задач крупномасштабной селекции как раз и заключается в выборе оптимальных нормативов отбора по каждой половозрастной группе животных.

Не менее важная задача в крупномасштабной селекции — выбор оптимального комплекса признаков, по которым надо вести оценку, а также определение степени относительного давления отбора по каждому из них.

В связи с переводом животноводства на промышленную основу с широким применением различных средств механизации, а также повышением требований к качеству продукции постепенно все более расширяется число признаков, по которым оценивают и отбирают животных.

Мы уже говорили, что в работе с молочным скотом на протяжении многих лет учитывают величину удоя, жирность молока, массу тела, основные особенности телосложения, а теперь сюда добавляют содержание белка в молоке, форму вымени и сосков, скорость молокоотдачи, устойчивость против мастита, лейкоза и других заболеваний.

Повторим, что вести селекцию с учетом всех этих признаков практически невозможно.

Рис. 4. Бык-улучшатель

В стаде не найдется ни одного животного, полностью удовлетворяющего требованиям селекционера. Ясно также, что чем больше признаков учитывают при отборе, тем меньший положительный результат может быть получен по каждому признаку в отдельности.

Возможным выходом из этого затруднения многие считали применение селекционных индексов, отражающих интегральную племенную ценность животных. Однако опыт показывает, что это не спасет положения. Независимо от используемой математической модели число признаков, включаемых в индекс, определяет величины селекционных дифференциалов при заданных параметрах отбора, а следовательно, и эффект селекции.

Мы убедились, что наиболее целесообразно включать в селекционные индексы не более трех признаков, коррелятивно слабо связанных между собой.

Улучшение всех других признаков может произойти, например, путем косвенного отбора за счет их коррелятивной связи с основными, подвергающимися прямой селекции (о такой возможности мы уже говорили). Помогает также установление предельных требований с обязательной выбраковкой животных, имеющих показатели ниже определенного лимита.

До недавнего времени нередко можно было слышать мнение, что крупномасштабная селекция полностью заменяет традиционную, индивидуальную, применявшуюся ранее в племенных хозяйствах. Будто бы основные методы такой селекции, как разведение по линиям и семействам, да и вообще работа племзаводов становится не нужной. Так, в молочном скотоводстве достаточно выделить лучших коров для получения от них ремонтных бычков, и прогресс в показателях популяции будет обеспечен.

Однако по мере повышения продуктивности скота и увеличения числа селекционируемых признаков, оценке по потомству (для выявления нужного числа улучшателей) приходится подвергать все бо́льшее число производителей. Становится необходимо создавать огромные запасы семени, до 80% которого в дальнейшем подлежит уничтожению. Оценка по потомству дорожает и усложняется.

Выход из затруднения может быть только один — предварительный отбор производителей по происхождению, чтобы повысить процент улучшателей от общего числа оцениваемых. Установлено, что для повышения точности такого отбора нужно учитывать не только показатели родителей, но и других предков и «боковых» родственных животных. А если признана целесообразность оценки по родословной, то становится очевидной необходимость и целеустремленного формирования этой родословной.

Кроме того, массовое применение искусственного осеменения крайне ограничивает число используемых производителей. В результате возникает опасность стихийного инбридинга (близкородственного смешения) на товарных фермах и как следствие ограничение изменчивости селекционируемых признаков. Следовательно, необходимо формировать в пределах пород достаточное число генетически дифференцированных линий, что возможно только на основе углубленной индивидуальной селекции.

Крупномасштабная селекция базируется на определенной системе отбора производителей и маток и совершенно не использует факторы подбора (систему закрепления маток за производителями) для получения дополнительного эффекта за счет так называемой «сочетаемости» генотипов и неаддитивного наследования.

Считают, что эти факторы мало значат в генетическом улучшении стад. Исходя из наших исследований, правильнее было бы говорить не о малом их значении, а относительно редком их влиянии. Когда же они проявляются, это может приводить к очень существенным сдвигам в генетической структуре популяций. В истории создания и совершенствования большинства пород можно обнаружить имена животных, использование которых повлияло на прогресс всей породы.

Игнорировать такие дополнительные возможности нет оснований, а потому в программах крупномасштабной селекции, по нашему мнению, должны быть отражены основные положения из перспективных планов индивидуальной селекции в племзаводах, входящих в ареал данной популяции.

К таким положениям, как показывает наш опыт, относятся:

1. Число линий, разводимых в племзаводах, и расчет количества бычков, поступающих по каждой из этих линий для ремонта бычьего состава. При необходимости — план создания новых линий.

2. Стандарты линий и характеристика их специфических особенностей с учетом того, что

СТО ЛЕТ НАЗАД

ФРАНЦИЯ. Очевидно, что и собаки, и птицы, и рыбы, и черепахи, и другие животные повинуются при своих передвижениях одному и тому же инстинкту или, вернее, руководятся указаниями одного и того же чувства, которое и есть не что иное, как чувство ориентации. Какой же физический агент или физическая сила играет роль в проявлениях чувства ориентации? По мнению французского ученого Вигье, агентом этим является земной магнетизм, и, таким образом, чувство ориентации может быть названо магнетическим чувством, которое совершенно так же направляет мигрирующих животных, как показания компаса направляют плывущий в море корабль.

«Наблюдатель»

Рис. 5. Банк спермы быков на Центральной станции искусственного осеменения (Московская область)

Рис. 6. Лаборатория проверки гамет сельскохозяйственных животных

Рис. 7. Телки-близнецы, выращенные из эмбрионов, хранившихся 2 месяца в замороженном состоянии (Всесоюзный институт животноводства)

эти особенности будут реализованы во всей популяции лишь в 5—10-летней перспективе.

3. Основные методы работы с линиями, обеспечивающие их генетическую обособленность и фенотипическое превосходство.

4. Параметры отбора в заводских стадах, обеспечивающие опережающие темпы их генетического совершенствования, по сравнению с популяцией в целом.

Реализация программы крупномасштабной селекции потребовала разработки эффективных методов сбора, хранения, обработки и оперативного анализа информации о параметрах селекционируемых и связанных с ними признаков сотен тысяч и миллионов животных.

Были развернуты исследования по созданию эффективных систем информации с использованием ЭВМ, разработаны основные принципы и методы обработки генетической информации, предложены новые формы документации, приспособленные к обработке данных на ЭВМ.

Создан ряд эффективных систем управления процессами селекции молочного стада. Наиболее современная из них — система «СЕЛЭКС», разработанная учеными Латвии, позволяет полностью автоматизировать анализ информации по широкому кругу признаков в объеме целых пород. С ее помощью можно оптимизировать процессы селекционно-племенной работы, создавать оперативные и перспективные планы совершенствования пород.

Усовершенствованный вариант «СЕЛЭКС» имеет 86 программных комплексов. Значительную часть программного обеспечения составляют так называемые «сервис-программы», которые облегчают обработку, контроль, хранение и другие операции.

В настоящее время система полностью внедрена в скотоводстве Латвийской ССР (более 1 млн. голов скота), широким фронтом внедряется в других республиках страны.

Экономическая эффективность системы проявляется в увеличении продуктивности скота примерно на 10%. Стоимость комплекса услуг в рамках «СЕЛЭКС» соответствует стоимости 11 кг молока в расчете на 1 корову в год, т. е. система экономически весьма эффективна. Главное же ее достоинство — полное информационное обеспечение программы крупномасштабной селекции.

что позволяет оперативно оценивать генотип животных, более точно планировать программу отбора и использования животных, ускорять темпы генетического совершенствования крупных популяций скота.

Другое существенное преимущество системы — освобождение селекционеров от малопроизводительной, рутинной работы и расширение возможностей для творческой селекционной деятельности.

Важнейшее условие эффективной крупномасштабной селекции — быстрое размножение животных желаемого типа с ценным генотипом. Общеизвестно, что такие животные встречаются в популяциях редко и размножение их традиционными методами занимает длительный промежуток времени, что и обусловливало относительно низкие темпы качественного совершенствования пород животных.

Эта проблема была разрешена профессором И. И. Ивановым, разработавшим метод искусственного осеменения животных. С внедрением искусственного осеменения коэффициент размножения мужских особей резко увеличился, что позволило быстро репродуцировать животных необходимого качества.

Совершенно новые перспективы открылись после создания группой советских ученых под руководством академика ВАСХНИЛ В. К. Милованова метода длительного хранения мужских гамет сельскохозяйственных животиых (рис. 5,6). Созданный метод позволяет накапливать и хранить неопределенно долгое время сперму быков-производителей и, следовательно, получать от одного быка десятки тысяч потомков.

И это не единственное преимущество метода. Благодаря ему появилась возможность использовать сперму производителя только после оценки его потомства. А следует заметить, что этот процесс занимает 4,5—5 лет.

Важнейшее правило крупномасштабной селекции — строго использовать только производителей с известным генетическим потенциалом — получило реальную основу.

Следовательно, предпринятая нами и другими исследователями разработка генетических основ селекции молочного скота, реализация более эффективных способов размножения животных, разработка и внедрение новых методов анализа информации применительно к условиям селекционно-племенной работы позволили создать целостную систему крупномасштабной селекции в молочном скотоводстве.

В настоящее время она широко внедрена в стране. В единой системе действуют селекционные центры по животноводству в составе ряда научно-исследовательских институтов зоотехнического профиля, племпредприятия, крупные *станции* искусственного осеменения с *хранилищами спермы, так называемые* элеверы для выращивания быков, хозяйства для проверки их по потомству, вычислительные центры и станции, другие предприятия, связанные с реализацией крупномасштабной селекции. Уже накоплены огромные резервы спермы быков-производителей, которые используются в строгом плановом порядке. Это даёт огромный эффект, повышая темпы качественного улучшения всего массива крупного рогатого скота в стране.

В короткий срок была улучшена породность скота, практически все поголовье скота в стране стало породным. Общий генетический потенциал продуктивности в среднем по стране увеличился до 3000—3500 кг молока на корову в год, а в областях, где крупномасштабная селекция была внедрена раньше, этот показатель достиг 4000—4500 кг.

Внедрение крупномасштабной селекции позволило ускорить решение такой важнейшей задачи, как создание крупных массивов скота с высокой продуктивностью и приспособленностью к эксплуатации в условиях современной промышленной технологии.

Сейчас продолжается совершенствование основных аспектов крупномасштабной селекции, уточняются методы оценки генотипа животных, способы раннего прогнозирования их продуктивности и т. д. Все это относится к прикладным исследованиям, внедрение результатов которых планируется в ближайшей перспективе.

Развернуты и поисковые исследования (рис. 7) с целью кардинального увеличения эффективности крупномасштабной селекции. Это опыты по размножению ценных в генетическом отношении особей с использованием метода получения и трансплантации ранних эмбрионов. Это и исследования по дозреванию овоцитов (яйцеклеток) крупного рогатого скота и оплодотворению их *in vitro* («в пробирке»), что позволит резко увеличить число потомков коров с рекордной продуктивностью и уникальным генотипом.

Весьма актуальны и другие аспекты цитогенетической инженерии, связанные с пересадкой ядер соматических клеток в энуклеированную (искусственно лишенную ядра) яйцеклетку для дальнейшего изучения генетического копирования животных. Необходимо исследовать и ряд иных общебиологических проблем, например явление партеногенеза (бесполого размножения) применительно к сельскохозяйственным животным.

Решение этих сложнейших задач — дело будущего, но исследования развертываются уже в настоящее время. Возможно, в более отдаленной перспективе это позволит нам на порядок повысить эффективность крупномасштабной селекции, резко улучшить генетический потенциал продуктивности животных.

МИКРОМИР

Каждый успех наших знаний ставит больше проблем, чем решает.

Де Бройль Л.

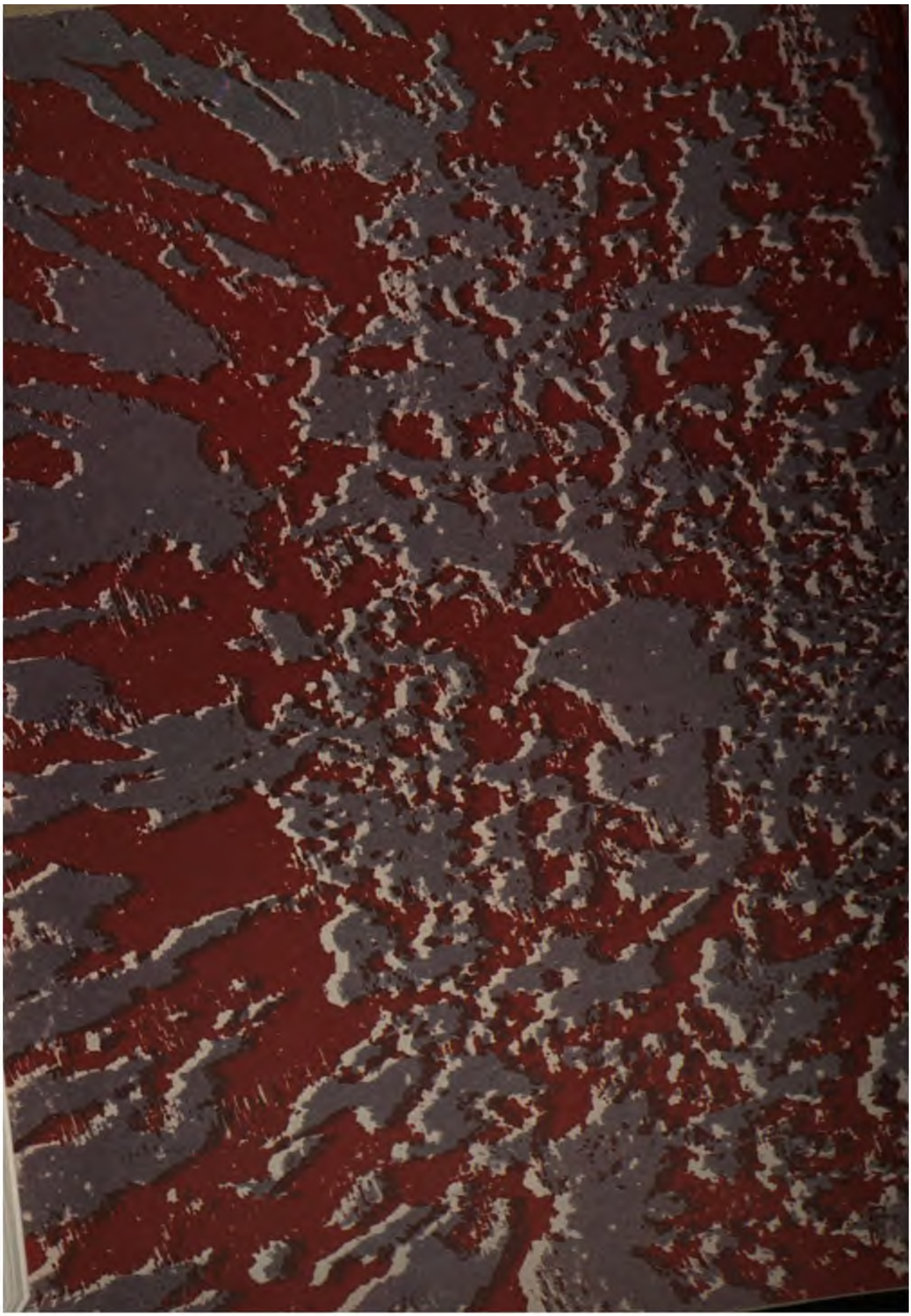
Дж. КИСТЕМАКЕР
Физика атомных столкновений

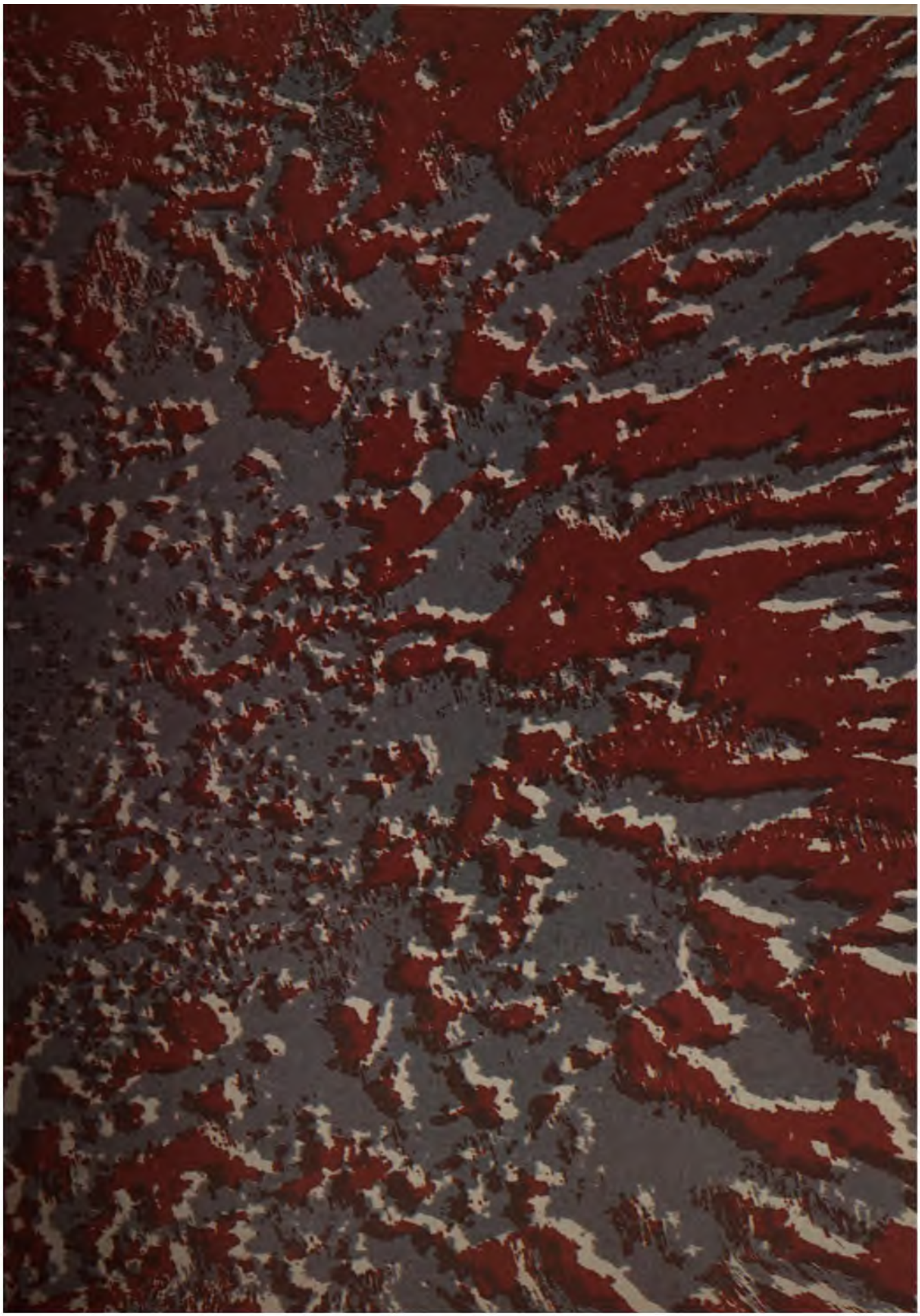
И. М. ТЕРНОВ
Поляризованные электроны —
новые возможности физического эксперимента

Д. КОРИШ
Точечные дефекты ионных кристаллов

П. Г. КОСТЮК
Работа нервных клеток:
механизмы электрической возбудимости

Г. ПАСТЕРНАК
Иммунология злокачественных опухолей





Джакоб КИСТЕМАКЕР (Kistemaker) (р. 1917) — голландский физик, профессор Лейденского университета, директор FOM института атомной и молекулярной физики в Амстердаме. Получил образование в Лейденском университете. В 1945 г. ему присуждается степень доктора за исследования термодинамических свойств гелия при низких температурах, проведенные им под руководством известного физика-теоретика Крамерса.

В том же году он начал работать в лаборатории Зеемана по проблеме разделения изотопов. В 1946 изучал ядерную физику в институте Нильса Бора в Копенгагене. В 1952 несколько месяцев работал в лабораториях США (в Чикаго и Миннеаполисе), где встречался с такими известными учеными, как Либби, (Libby), Ферми, Юри (Urey) и др., что и определило интернациональный характер созданной им позже исследовательской группы.

В 1955 Я. Кистемакер назначается профессором физики в Лейденском университете и директором FOM института по разделению изотопов, позже получившего название Института атомной и молекулярной физики в Амстердаме. Он был председателем Европейской конференции по газовому разряду (Бухарест, 1969) и Международной конференции по атомной физике (Киото, 1979). Область научных интересов — проблемы разделения изотопов, масс-спектрометрия, физика поверхности, энергетика, физика плазмы, атомная физика, биофизика и термодинамика.

Под его руководством около 100 молодых ученых получили степень доктора. Более двухсот иностранных ученых (в том числе советских и польских) внесли свой вклад в развитие иследований института.

Я. Кистемакер — член королевских академий в Амстердаме и Брюсселе, почетный доктор университетов в Люблине (Польша) и Льеже (Бельгия), а также лауреат премии по энергетике фонда Круппа в Эссене (ФРГ).

ДЖАКОБ КИСТЕМАКЕР

Физика атомных столкновений

В 1953 г. мы и не подозревали, какой появится огромный интерес к обширной области науки, называющейся теперь атомной и молекулярной физикой. Из этой области физики возникли не только лазеры, но и аэрономия, которая сегодня является основой исследований околоземного пространства. Без атомной и молекулярной физики мы плохо понимали бы основные явления в плазме в исследованиях по термоядерному синтезу, так как неизвестны были бы сечения процессов возбуждения и ионизации атомов в водородной плазме, а также сечения, определяющие взаимодействие горячей плазмы со стенками вакуумной камеры.

Решающий толчок развитию атомной и молекулярной физики дали пионерские работы исследовательской группы Лондонского университета, возглавляемой Г. Месси (Massey). Его теоретические основополагающие работы стимулировали в 50-х годах многочисленные экспериментальные исследования столкновительных процессов в области энергий несколько килоэлектронвольт. До этого времени экспериментаторы занимались в основном измерением энергетических уровней атома или молекулы при помощи спектроскопических методов, определяя длины волн или частоты излучения.

В 50-х же годах начались исследования по измерению вероятности реакций, которые происходят при столкновениях одиночных частиц. Сначала определялись **полные сечения** процессов, а затем с 1965 г. — **дифференциальные сечения** по измерениям угла рассеяния и времени пролета.

О большом интересе к атомной физике свидетельствует число публикаций — около 15% общего количества научных статей по физике ежегодно составляют работы по атомной физике.

В этой статье я хочу рассказать о роли, которую FOM институт атомной и молекулярной физики играл и продолжает играть в развитии этой области науки.

FOM* институт в Амстердаме основан примерно в 1950 г. для исследования проблемы разделения изотопов. Когда американский конгресс рассекретил технологию производства стабильных изотопов, одна из основных причин существования FOM института исчезла, и с этого времени в нем велись работы в следующих направлениях: масс-спектрометрия, физика ионных столкновений, исследования вращающейся плазмы, разделение газообразного урана в центрифугах, термодиффузия в газах, вакуумная техника и физика поверхностей.

Вплоть до 1975 г. с целью разделения изотопов исследовались процессы в быстровращающихся центрифугах, а также изучалась диффузия в газовых смесях с различными парциальными значениями плотности, температуры и давления. Эти исследования привели к тому, что наш институт стал заниматься физикой столкновений частиц в вакууме, а также катодным распылением и ионной имплантацией. С физикой плазмы мы столкнулись при исследованиях ионных источников. Процессы взаимодействия пучка заряженных частиц с замагниченной плазмой в ионных источниках — это те же явления, которые так важны для будущих токамаков.

Характерная черта нашего института — его динамичность. Мы обычно не изучаем какую-либо отдельную проблему более 10 лет. За это время большинство членов научной группы покидают институт и устраиваются на работу в другие места. Это обстоятельство позволяет легко переходить к решению других более актуальных научных задач. Тем самым, например, объясняется превращение группы масс-спектрометрических измерений изотопного отношения в группу, изучающую структуру больших биохимических молекул.

От физики ионных столкновений мы перешли

---

* FOM — сокращенное название организации «Фундаментальные исследования материи», которая координирует исследования по физике в Нидерландах.

FOM институт (общий вид)

к исследованиям взаимодействия низкоэнергетических электронов с атомами и молекулами, а также к химии внутренних оболочек тяжелых сталкивающихся частиц. Были начаты работы по «горячей» химии—физике сталкивающихся молекулярных и атомных пучков в области энергий в несколько электронвольт.

Физика ионных источников преобразовалась в фундаментальные исследования пучково-плазменного взаимодействия, а с 1973 г. начались эксперименты с релятивистскими электронными пучками.

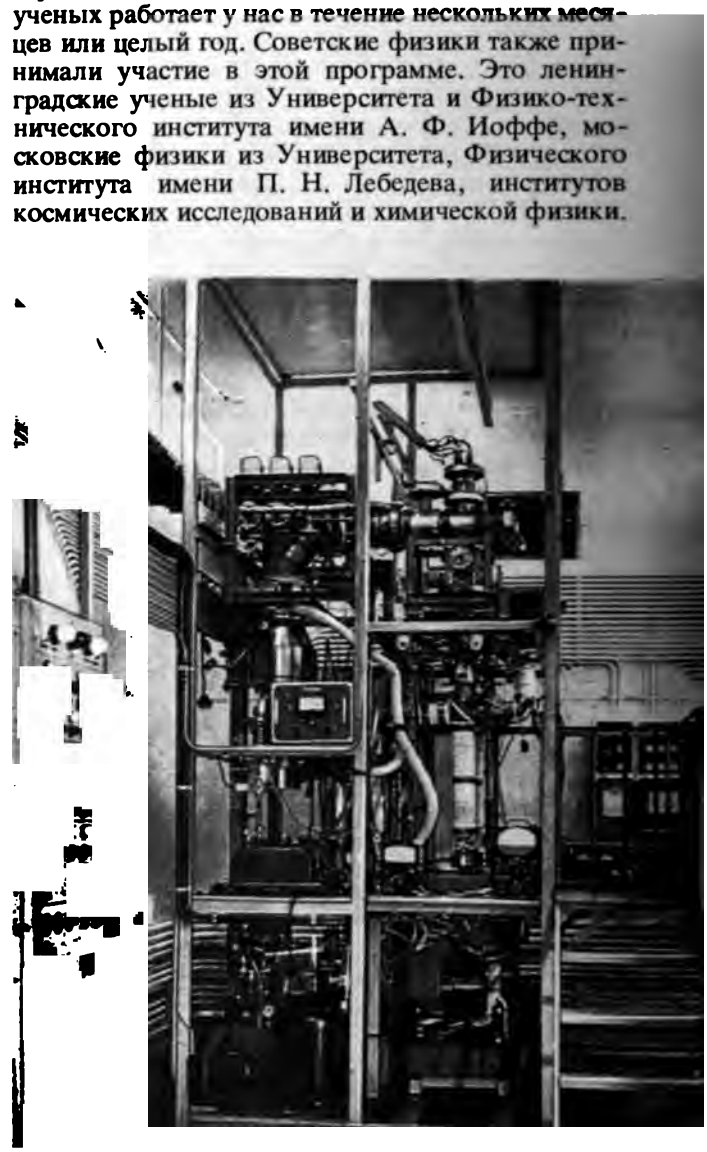
Работы по разделению изотопов в механической центрифуге развились в исследования быстровращающейся плазмы. От катодного распыления мы перешли к ионной имплантации в полупроводниковые материалы и к изучению каналирования и радиационного повреждения монокристаллов.

Вакуумная техника (в области давлений 10^{-6} мм рт. ст.) развилась в технику сверхвысокого вакуума (давление 10^{-11} мм рт. ст.) и теперь используется во всем институте.

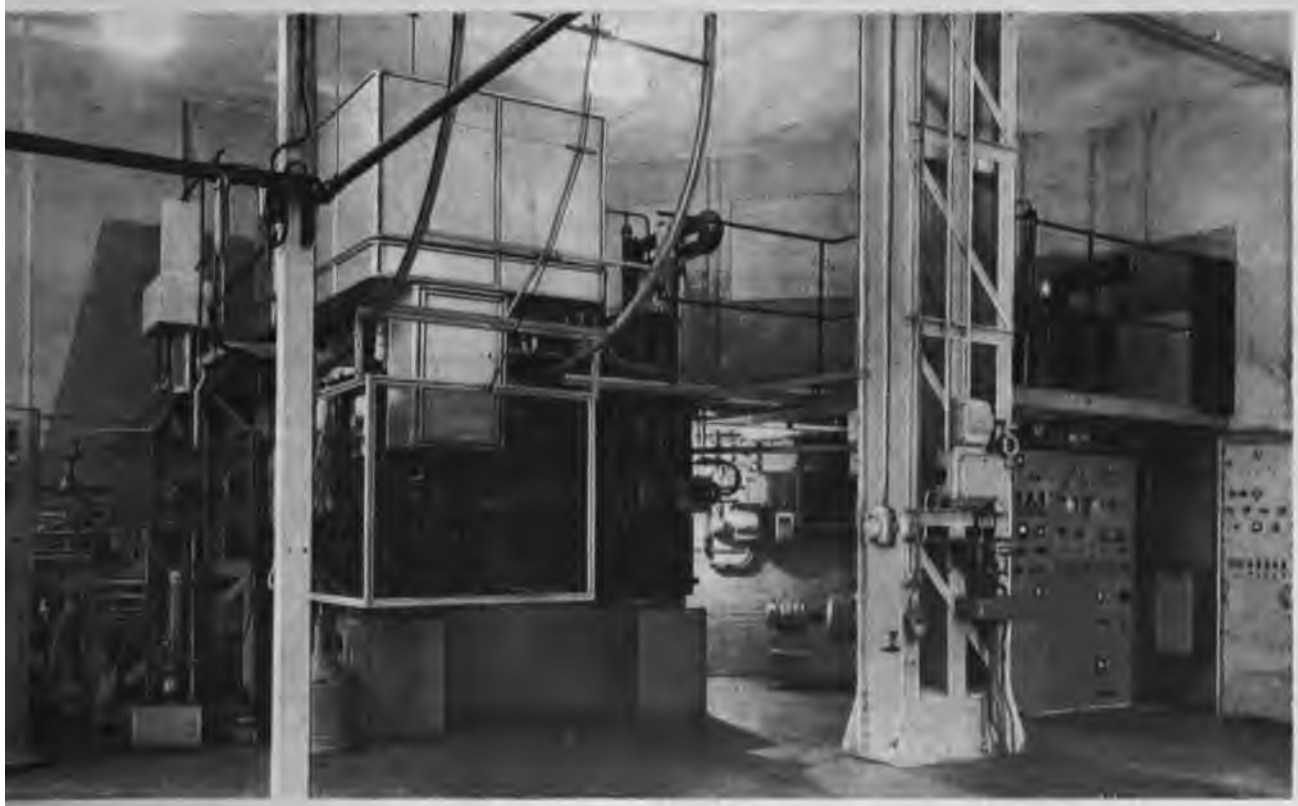
Статус института — межведомственный. Налажена хорошая кооперация между институтом и промышленностью на основе контрактов. Большую часть средств мы получаем от правительственных учреждений в качестве субсидий. В институте работает более 150 человек. Некоторые из них являются прикомандированными сотрудниками других институтов, как голландских, так и зарубежных.

Мы также имеем хорошие личные контакты с нашими университетами. Так, например, автор статьи связан с Лейденским университетом, Дж. Лос (Los) — с университетом в Амстердаме, М. Дж. Ван дер Вил (Van der Wiel) — с Кальвинистским университетом, Ф. В. Сарис (Saris) — с *университетом* в Утрехте. Это позволяет нам дать хорошую подготовку выпускникам университетов по физике и химии. Они получают у нас степень доктора одного из этих университетов, и после этого обычно покидают наш институт в возрасте около 28 лет. Жаль расставаться с ними, но в то же время приятно сознавать, что мы вносим свой вклад в очень важное дело — дело образования людей и обучаем их систематическому методу физического мышления, берущего свое начало от Декарта.

В течение последних 20 лет институт имеет программу по обмену ученых с зарубежными странами. Каждый год около 15 иностранных ученых работает у нас в течение нескольких месяцев или целый год. Советские физики также принимали участие в этой программе. Это ленинградские ученые из Университета и Физико-технического института имени А. Ф. Иоффе, московские физики из Университета, Физического института имени П. Н. Лебедева, институтов космических исследований и химической физики.



Масс-спектрометр для изотопного анализа



Электромагнитный сепаратор изотопов большой интенсивности

Молекулярный источник для исследований по «горячей» химии

Ионный источник большого электромагнитного сепаратора

У нас также хорошие контакты с учеными из новосибирского Академгородка.

Организация FOM имеет дело только с физикой и состоит из еще трех институтов: Институт физики плазмы (директор проф. К. Браамс — Braams), Института ядерной физики (директор проф. А. Вапстра — Wapstra) и нового Института физики высоких энергий (директор проф. А. Дидденс — Diddens). Правление FOM, так же как и институтов, состоит из представителей промышленности, правительства и университетов. Президентом организации FOM в течение последних двадцати лет является известный физик-теоретик профессор Ян де Боэ (de Boer).

Далее я хочу кратко рассказать о наиболее важных проблемах физики атомных столкнове-

ний, которые изучались в нашем институте до сего времени.

Рассеяние электрона на атоме

В 50-х годах общепринятыми приближениями в теории столкновений были **приближения Борна** и **Борна-Оппенгеймера,** причем в последнем принимается неразличимость в процессе столкновения падающего электрона и электрона атома. Используя борновское приближение, мы приходим к следующим значениям для сечения возбуждения атома водорода ϑ_n в состояние n в зависимости от энергии E падающего электрона:

— для оптически разрешенных дипольных переходов

$$\sigma_n \sim E^{-1} \ln E, \qquad (1)$$

— для оптически запрещенных переходов

$$\sigma_n \sim E^{-1}. \qquad (2)$$

Эти соотношения применимы не только для атома водорода, но могут быть обобщены и на другие атомы. Для переходов с изменением спина электрона (**приближение Очкура**)

$$\sigma_h \sim E^{-3}.$$

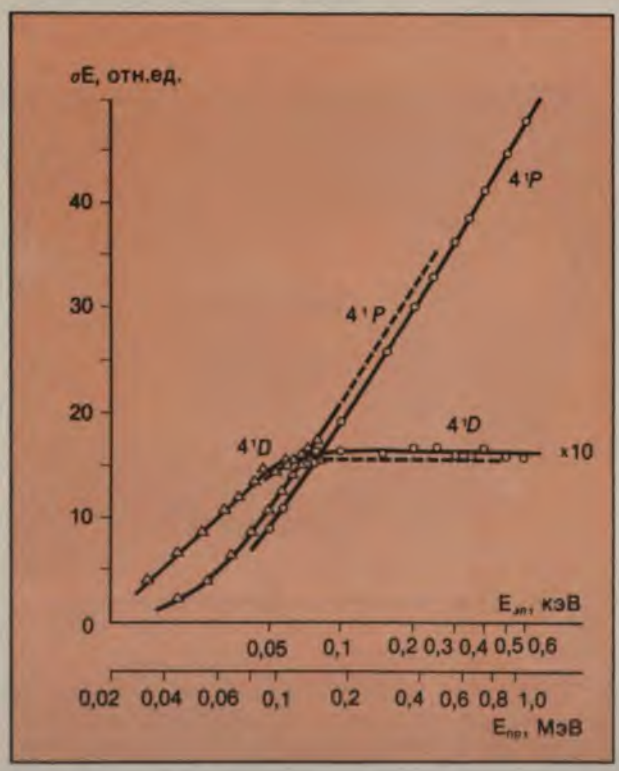


Рис. 1. Абсолютное сечение возбуждения при электронном (точки) и протонном (треугольники) соударениях с He. **График демонстрирует разницу между оптически разрешенными ($4\,^1P$) и оптически запрещенными ($4\,^1D$) переходами (Де Хир и др., 1969)**

Указанные приближения справедливы, если только энергия падающего электрона E много больше энергии атома водорода в основном состоянии.

В качестве иллюстрации справедливости формул (1) и (2) приведем результаты измерений Де Хира (De Heer) и др. (1969) абсолютного сечения возбуждения электронами и протонами с одинаковыми скоростями **уровней** гелия 4^1P и 4^1D (рис. 1). **Кривая сечения,** умноженного на энергию падающей частицы, оптически разрешенных переходов на уровень 4^1P, имеет постоянный

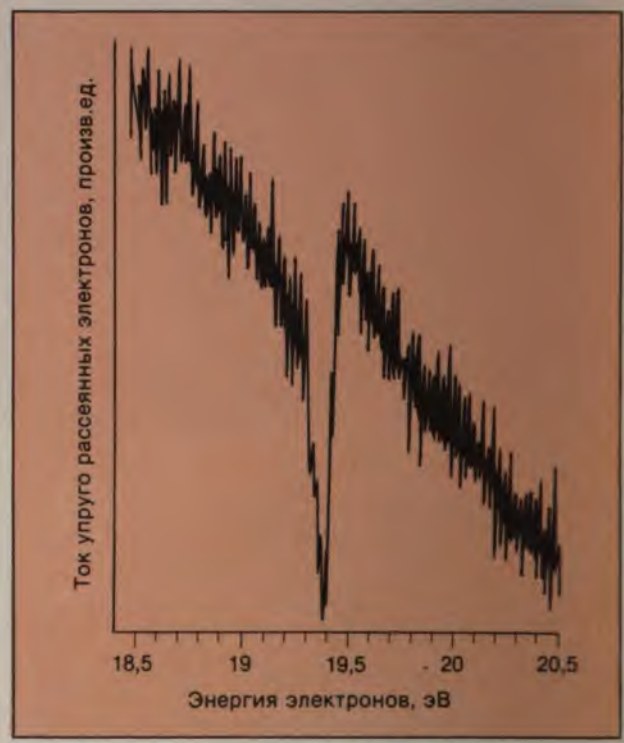


Рис. 2. Первое наблюдение $1s(2s)^2\ ^2S$ резонанса в гелии. При 19,3 эВ происходит уменьшение сечения примерно на 14% (из работы Дж. Шульца, 1963)

наклон, если скорость падающей частицы достаточно велика, тогда как кривая для оптически запрещенных переходов (4^1D) демонстрирует независимость от скорости падающих частиц.

После 1960 г. одним из основных вопросов атомной и молекулярной физики было изучение резонансов при рассеянии. Аналогичные явления уже встречались при рассеянии ядерных частиц. Однако в атомной физике они появились только в 1962 г., когда Бёрк (Burke) и Шей (Schey) доказали их существование для рассеяния электрона на атоме водорода при помощи так называемой «теории сильной связи».

Экспериментально же резонансы при рассеянии были открыты Дж. Шульцем (Schulz) в 1963 г. при рассеянии электронов на атоме гелия

и в 1964 г. при рассеянии электронов на атоме водорода. Он обнаружил, что зависимость сечения упругого рассеяния для электронов, сталкивающихся с атомами гелия, от энергии электронов имеет очень резкий минимум при энергиях около 19,3 эВ. Это значение на 0,5 эВ ниже первого возбужденного уровня нейтрального атома гелия. В том же 1963 г. Симпсон (Simpson) и Фано (Fano) подтвердили существование этого резонанса и классифицировали его как $1s(2s)^2\,{}^2S$ состояние отрицательного иона гелия. Малая ширина резонанса — около 0,01 эВ — позволяет использовать этот эффект для калибровки. Природа данного резонанса связана с возбуждением остова атома, когда налетающий электрон на некоторое время задерживается около него. На рис. 2 представлено это историческое измерение.

В отличие от стационарных состояний атомов резонансы распадаются путем эмиссии электронов, а не фотонов. Резонансы, которые лежат ниже порога возбуждения соответствующего атомного уровня (от 0 до — 0,5 эВ), называются резонансами Фешбаха — Feshbach (возбужденный остов атома). Если они лежат выше порога возбуждения уровня в нейтральном атоме вплоть до 3 эВ, их называют резонансами формы.

Таким образом, была открыта совершенно новая область явлений атомной и молекулярной спектроскопии, изучение которой возможно только методами физики электронных столкновений.

Явления перезарядки

Описание взаимодействия между относительно быстрым протоном или альфа-частицей с нейтральным атомом — одна из самых простых задач. Кроме процессов возбуждения и ионизации, которые аналогичны происходящим при электронатомных столкновениях, существует еще одно явление, называемое перезарядкой. Удобно описывать это явление, рассматривая три частицы (бесструктурную падающую частицу, ион мишени и электрон) и считая их замкнутой системой, в которой кинетическая энергия падающей частицы переходит в энергию электронного возбуждения. Трактовка этого явления с помощью так называемого прицельного параметра* оказалась очень плодотворной, позволяя полуклассически описать процессы столкновений, а именно применять классическое рассмотрение для пролета налетающей частицы и квантовомеханическое — для электронного перехода.

Для не слишком больших кинетических энергий падающей частицы зависимость вероятности захвата электрона от скорости v падающей частицы определяется так называемым параметром Месси $a\Delta E / v$, где a — характерный размер области взаимодействия, ΔE — энергия электронного перехода. Процесс перезарядки особенно эффективен, когда этот параметр порядка единицы (критерий Месси). При уменьшении скорости (энергии) падающей частицы вероятность захвата электрона как функция от v должна носить колебательный характер, что и было подтверждено экспериментами Эверхарта (Everhart, 1962) для наиболее простой реакции $H^+ + H \rightarrow H + H^+$ (рис. 3).

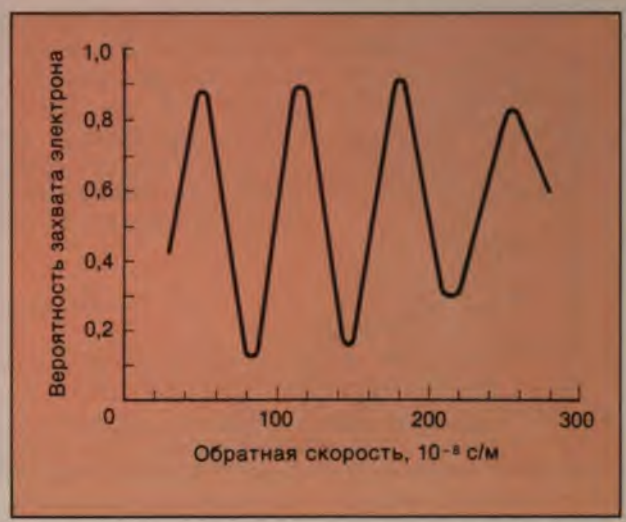


Рис. 3. Вероятность захвата электрона в зависимости от $1/v$, где v — относительная скорость ядер

К рассмотренным выше близок процесс захвата электрона многозарядным ионом. Это явление привлекло внимание физиков примерно в 1960 г. из-за того важного значения, которое оно имеет для астрофизики и исследований по термоядерному синтезу (примеси в термоядерной плазме). Сначала интересовались только величиной полного сечения. Эксперименты в Москве (В. С. Николаев, 1961) и Амстердаме (Де Хир, Сарис, 1970) показали, что реакция типа

$$A^{q^+} + B \rightarrow A^{(q-1)^+} + B^+$$

может иметь сечение в десять и более раз большее, чем классический размер атома. Причина наблюдения таких огромных сечений была исследована теоретически Л. П. Пресняковым (СССР) в 1974 г. Он показал, что обобщенное сечение σ для захвата одного электрона при $10 < q < 20$ и при $v < 5 \cdot 10^8$ см / с пропорционально q^2. Однако, Риуфуку (Ryufuku) и Ватанабе (Watanabe) в 1978 г. нашли, что $\sigma \sim q^{1,17}$.

Рис. 4 иллюстрирует процесс сближения иона Ne^{4+} с атомом аргона (Ar). В такого рода процессах перезарядки при высоких значениях заряда

* Прицельный параметр — расстояние, на котором частица пролетала бы от силового центра (например, другой частицы), если бы взаимодействие отсутствовало.

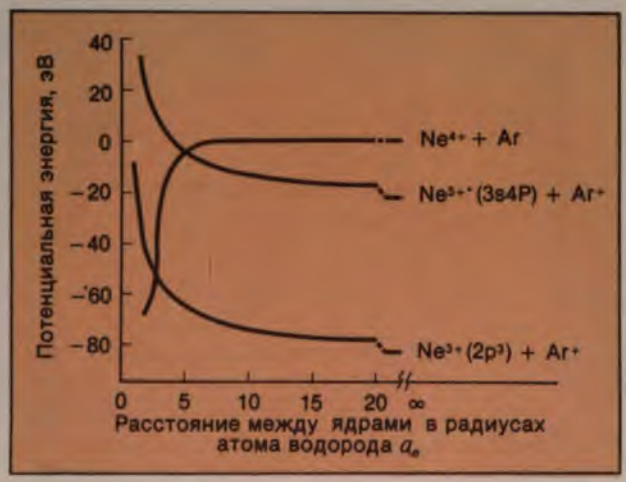


Рис. 4. Диаграмма потенциальной энергии для системы $Ne^{4+} + Ar$

(q>4) и низких значениях потенциала ионизации возникает огромная энергия в инверсных состояниях. Около 50% всех процессов перезарядки приводит к образованию возбужденного иона Ne^{3+}, который затем переходит в основное состояние, излучая мягкий рентгеновский фотон с длиной волны 208 Å (Де Хир и др.). Это подсказывает нам, что должно быть сделано для создания рентгеновских лазеров.

Химия внутренних оболочек

Одним из наиболее значительных событий в атомной физике за последние 20 лет было открытие химии внутренних оболочек при столкновении тяжелых атомов. Когда движущийся атом испытывает сильные столкновения с другими атомами, электронные оболочки атомов взаимно глубоко проникают друг в друга. Впервые экспериментально такие процессы были зарегистрированы В. В. Афросимовым и Н. В. Федоренко в Физико-техническом институте им. А. Ф. Иоффе в Ленинграде (1957), а затем также Эверхартом в 1962 г.

В 1965 г. Фано и Лихтен (Lichten) рассмотрели реакцию типа

$$X + Y \rightarrow XY \rightarrow X^{+m} + Y^{+n} (m+n)\, e^-$$

на примере системы ион аргона (Ar^+) — атом аргона. Стало понятным, что для описания такого рода процессов в основном применима уже известная ученым теория Ландау — Зинера (1932). Дополнительные механизмы реакции вскоре после экспериментов Афросимова, Федоренко и Эверхарта были установлены Ю. Н. Демковым (СССР) (так называемая связь Демкова).

Важность этого направления заключается в том, что оно объясняет многие черты не только атомных и молекулярных взаимодействий для внешней оболочки (химия низких энергий), но и внешней оболочки с внутренней и внутренней оболочки с внутренней. Короче говоря, это открывает мир химии, начиная с энергий столкновения в доли электронвольт вплоть до энергий порядка одного гигаэлектронвольта (например, взаимодействие K-оболочек двух атомов урана). Мечта алхимиков стала реальностью. На короткое время — время столкновения между атомами — можно получить золото с помощью, например, таких реакций:

$$Xe\,(Z=54) + Mn\,(Z=25) \rightarrow Au\,(Z=79)$$

или

$$Br\,(Z=35) + Ru\,(Z=44) \rightarrow Au\,(Z=79)$$

Время существования атома золота — это то время (10^{-17} с), когда ядра (например, Br и Ru) находятся внутри K-оболочки электронных орбиталей атома золота. Для этого необходимо, чтобы кинетическая энергия бомбардирующей частицы была более чем 100 МэВ.

Открытие квазипревращения элементов было сделано в FOM институте Сарисом в 1972 г. Он изучал столкновения ионов аргона с атомами аргона при энергии всего только 70 кэВ и обнаружил неизвестное рентгеновское излучение полос молекулярных орбиталей (МО), которое возникает из квазимолекулы $Ar—Ar \rightarrow Kr^*$. Результат Сариса имеет прямое отношение ко всем тем экспериментам, в которых скорость падающей частицы мала по сравнению со скоростями вращения электронов на внутренних оболочках. Это условие выполняется, например, при энергии 200 кэВ для атома азота в реакции $N + N_2$ или 25 Мэв для атома иона ($Z=53$), сталкивающегося с атомом урана ($Z=92$), в результате чего образуется сверхтяжелый атом с общим зарядом ядра $Z=145$.

После 1979 г. МО-рентгеновское излучение наблюдалось при столкновениях частиц с энергией 1 ГэВ в реакциях $^{208}Pb + ^{208}Pb$ и $^{209}Bi + ^{209}Bi$ на ускорителях Суперхилак в Беркли (США) и Унилак в Дармштадте (ФРГ).

Образование ионных пар

Бинарные столкновения между атомами и молекулами лежат в основе многих химических реакций и физических явлений, которые происходят в разреженных газах и газовых разрядах. Примеры таких взаимодействий между атомами можно найти в верхних слоях атмосферы и в пламени, в плазме газового разряда и в химических газовых лазерах. Результаты столкновений, такие, как химическая реакция, ионизация, возбуждение или тушение возбуждения, имеют большое значение для всех этих процессов. В течение последних 25 лет проводятся эксперименты по

рассеянию, для того чтобы получить сведения о поведении атомов и молекул при столкновениях. Изучаются потенциалы взаимодействия, динамика столкновений, получается информация о вероятности переходов между различными состояниями системы. Основу всех этих исследований составили эксперименты с пламенем, выполненные Полэни (Polanyi, 1932). Он изучал реакции типа

$$Cs + I_2 \rightarrow Cs^+ + I_2^- \rightarrow Cs^+ + I^-$$
$$\ldots\ldots I \rightarrow CsI + I \quad (*).$$

Чтобы объяснить очень большое сечение всех этих реакций между щелочными атомами и молекулами галогенов, Полэни предположил, что слабосвязанный внешний электрон цезия «перепрыгивает» в электроотрицательной молекуле I_2 при расстояниях между Cs и I_2, которые существенно больше газокинетических диаметров молекул (гарпунная модель).

Использование современных установок для получения молекулярных и атомных пучков в FOM институте позволило Дж. Лосу и др. в течение последних 10 лет исследовать этот тип реакций в мельчайших деталях. Большой вклад в эти исследования внесли сотрудники того же института А. Е. Де Врис (De Vries) и А. У. Клейн (Klein). Из иностранных коллег отметим Е. Е. Никитина (Москва) и Е. Гисласона — Gislason (Чикаго).

Примерно в 1970 г. они начали с измерения полного сечения ионизации реакции:

щелочный атом + Br_2 → положительный + отрицательный ионы.

Эта реакция имеет порог по кинетической энергии около 2 эВ, затем сечение очень быстро растет примерно до 7 эВ и наконец при больших энергиях начинает медленно спадать. Это объясняет, почему пламя имеет определенную степень ионизации. Мало кто знает, что в пламени свечи возникает в каждую секунду около 10^{11} пар ионов.

Другим существенным достижением этих исследований стало обнаружение различия в физических процессах при столкновении (например, тех же атомов цезия) с атомом йода I и молекулой I_2. Оказывается, что эта разница определяется поведением молекулярного иона I^-_2 после присоединения электрона. Изменяются свойства химической связи, особенно равновесное расстояние между двумя тяжелыми ядрами. Если ион I^-_2 образуется из основного колебательного состояния I_2, он будет находиться в колебательно-возбужденном состоянии. Можно сказать, что такое колебательное возбуждение приводит молекулу в движение, увеличивая длину связи. Тем самым увеличивается сродство молекулярного иона к электрону (например, от 3 до 9 эВ). Это означает, что «вытянутый» ион I^-_2 отказывается больше от своего электрона, чем и объясняется огромное сечение процесса (*).

Заканчивая этот раздел, следует подчеркнуть еще раз, что исследования образования ионных пар, проведенные в FOM институте и весьма кратко и далеко не полностью изложенные здесь, крайне важны для трактовки процессов в ионосфере и в холодной плазме.

Применения

Нагрев плазмы нейтральным водородным пучком. В настоящее время в исследованиях по термоядерному синтезу в системах с магнитным удержанием, таких, как токамаки или прямолинейные ловушки с пробками, плазма наиболее эффективно нагревается мощными пучками нейтральных атомов водорода. Для этой цели ионные пучки H^+ или D^+ ускоряются до 100 кэВ и затем проходят через камеру с водородом для нейтрализации пучка, которая происходит просто в результате захвата электрона атомом:

$$H_2 + D^+ \rightarrow H_2^+ + D.$$

То же самое имеет место и для D_2^+ или D_3^+. Сечение этого процесса зависит от скорости (энергии) падающей частицы, что показано на рис. 5.

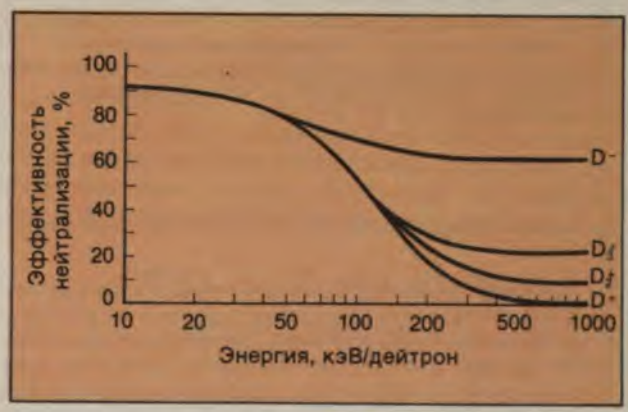


Рис. 5. Эффективность нейтрализации ионов дейтерия в случае, когда пучки быстрых ионов D^+, D_2^+, D_3^+ или D^- проходят через камеру, заполненную разреженным водородом

Для нагрева плазмы в термоядерных реакторах до температур зажигания термоядерной реакции необходимо иметь пучок с мощностью около 100 мегаватт. Такую мощность можно обеспечить при токе пучка ионов D^+ в 2000 А и при энергии ионов 100 кэВ. При этом эффективность нейтрализации равна 50% (рис. 5). Желательно, однако, повысить энергию ионов до 300 кэВ, чтобы инжектировать пучок нейтральных частиц в более глубокие слои плотной плазмы. Но при этих энергиях ионов D^+ эффектив-

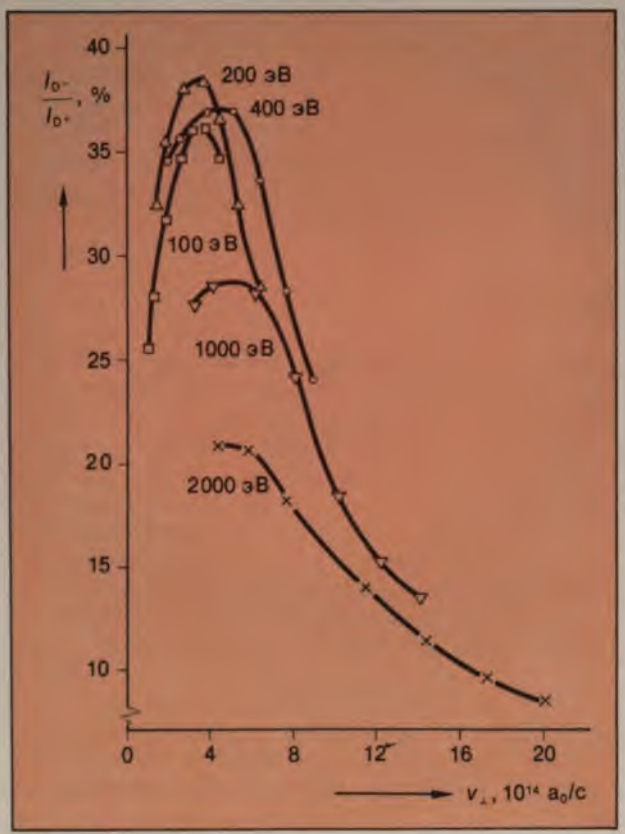


Рис. 6. Зависимость эффективности получения отрицательных ионов дейтерия *(D^-)* от величины компоненты скорости, перпендикулярной поверхности кристалла. Эффективность возрастает для малых значений кинетической энергии

ность нейтрализации всего только 5% (рис. 5), поэтому требуются токи порядка 7000 А. Это по разным причинам представляется невозможным.

Существует другой способ — ускорять не положительные, а отрицательные ионы дейтерия D^-. Присоединенный к дейтерию электрон имеет очень малую энергию связи (0,7 эВ) и легко отделяется от иона при прохождении через газ. На рис. 5 видно, что эффективность нейтрализации для D^- в процессе

$$D^- + H_2 \rightarrow D + H_2 + e$$

при высоких энергиях постоянна и равна примерно 60%.

Проблема, следовательно, состоит в том, как создать интенсивный пучок отрицательных ионов. В 1974 г. группа физиков из Новосибирска (Г. И. Димов и др.) показала, что сильноточный пучок H^- можно получать с помощью ионных источников магнетронного типа (H_2+Cs в виде пара) в течение одной миллисекунды. Другие исследователи пробуют использовать эффект двойного обмена зарядов при прохождении пучка ионов H^- через слой паров цезия. У нас в институте исследуется возможность использования эффектов при отражении пучка ионов D^- от поверхности монокристалла вольфрама, покрытого слоем цезия. Этот метод представляется эффективным для малых углов падения и низких значений кинетической энергии падающей частицы в направлении, перпендикулярном поверхности кристалла. Рис. 6 представляет некоторые измерения групп Лоса и Хопмана (Hopman). Для слаботочных пучков и при толщине покрытия Cs

---

Сечение — величина, характеризующая вероятность перехода системы двух сталкивающихся частиц в результате их рассеяния в определенное конечное состояние. Оно равно отношению числа таких переходов в единицу времени к потоку рассеиваемых частиц, падающих на мишень, т. е. к числу частиц, проходящих в единицу времени через единичную площадку, перпендикулярную их скорости, и имеет размериость площади

Упругое рассеяние характеризуют **дифференциальным сечением**, равным отношению числа частиц, упруго рассеянных в единицу времени в единицу телесного угла, к потоку падающих частиц, и **полным сечением**, равным сумме дифференциальных сечений по всему телесному углу.

Кривые сечений — зависимость сечений (полных или дифференциальных) от параметров рассеивающихся частиц — их скорости (энергии), заряда, спина и т. д.

Приближение Борна — наиболее простой метод расчета характеристик атомных столкновений, точный в пределе больших скоростей сталкивающихся частиц. При этом в процессе самого столкновения несущественна деформация электронных оболочек атомов.

Приближение Борна — Оппенгеймера учитывает тождественность любого из атомных электронов с налетающим (внешним) электроном (так называемый обменный эффект).

Приближение Очкура уточняет приближение Борна — Оппенгеймера и существенно облегчает практические расчеты.

Возможные значения энергии электрона в атоме (их называют также уровнями) определяются в первом приближении двумя так называемыми квантовыми числами n и l, где $n = 1,2,...$ — главное квантовое число, а l — момент количества движения электрона. Состояния с различными l ($l = 0, 1, 2,...$) и исторически принято обозначать соответственно буквами s, p, d, f и т. д. по алфавиту. Состояние отдельного электрона в атоме обозначается цифрой, указывающей значение n, и буквы, соответствующей значению l. Если в состоянии с одинаковыми n и l находится несколько электронов, то это обозначается в виде показателя степени. Так, например, $3s^2$ обозначает, что в состоянии с $n = 3$, $l = 0$ находятся два электрона и т. д.

Для сложных атомов употребляют также символ, описывающий полный орбитальный L и полный спиновый S моменты электронов ($L = 0$ обозначается буквой S, $L = 1$ — буквой P, $L = 2$ — буквой D и т. д.)

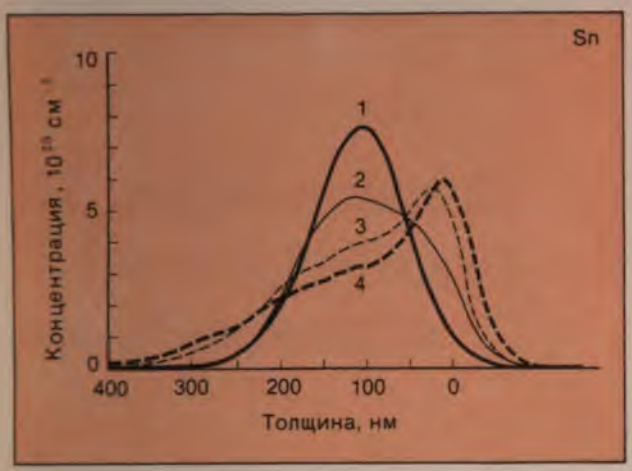


Рис. 7. Распределение концентрации олова в кремнии, полученное из анализа экспериментов по рассеянию: кривая *1* — распределение при имплантации ионов с энергией 200 кэВ; *2* — распределение после облучения импульсом лазера с плотностью энергии 0,9 Дж/см²; *3* и *4* — после облучения двумя импульсами с плотностями энергии 1,15 и 1,7 Дж/см²

на поверхности кристалла в половину мономолекулярного слоя достигается эффективность порядка 35%. Проблема теперь состоит в увеличении тока пучка.

Ионная имплантация в полупроводники. Имплантация ионов с энергией 200 кэВ в пластины кремния стала основой целой промышленности. Предпочтительнее при этом использовать монокристаллы. Имплантация ионов бора в кремний дает так называемый слой *p*-типа (акцептор), а ионов фосфора — слой *n*-типа (донор). Если слои находятся в контакте, то возникает разность электрических потенциалов. Это обстоятельство, как известно, используется для генерации тока в солнечных батареях. Такие слои выполняют также функции электродов в усилителях электрических сигналов (транзисторы). Размер слоя и плотность распределения примеси в нем определяют эффективность солнечных батарей и скорость коммутации электрических сигналов. Все быстрые современные компьютеры работают на этих коммутационных элементах.

В нашем институте группа Сариса работает с 1970 г. над фундаментальными вопросами ионной имплантации. Остановлюсь на одном из многих исследований — имплантации Sn в Si (рис. 7).

Слой, в который имплантируются ионы, имеет толщину около 1000 Å. Старая диффузионная технология позволяла получать слои только в 10—100 раз толще со значительно более размытым распределением. Имплантационная технология позволяет также вводить такие элементы, как As, Gd и др., представляющие значительный интерес.

Потери энергии тяжелого иона с энергией 200 кэВ, проходящего через кристалл, составляют около 200 эВ/Å. Такие большие потери вызваны многократными каскадно-столкновительными процессами, которые, в свою очередь, приводят к сильным радиационным повреждениям в кристалле. Эти повреждения восстанавливаются при воздействии импульсного лазерного излучения, причем достаточно одного или двух импульсов лазера с плотностью энергии 1,5 Дж/см². Благодаря такому импульсному лазерному отжигу имплантированные атомы олова перемещаются к поверхности кристалла. Максимальная концентрация имплантированных атомов в кремнии составляет $8 \cdot 10^{20}$ см$^{-3}$, что значительно больше, чем можно было получить старой диффузионной технологией, и примерно в 10 раз выше предела растворимости.

Вся информация о распределении примесей получается при помощи рассеяния ионов He^{++} с энергией 2 МэВ или ионов H^{+} с энергией 200 кэВ. Оба типа ионов являются идеальным зондирующим средством для определения положения атомов примеси в кристалле кремния. Эти легкие ионы практически не сталкиваются с атомами кремния, а тормозятся только за счет взаимодействия с электронами. Чем больше длина пролета ионов через решетку, тем больше кинетической энергии они теряют. Потери энергии, которые измеряются электростатическим анализатором, позволяют определить массу атомов примеси и глубину, на которой ионы H^{+} или He^{++} рассеиваются назад.

В заключение хочу подчеркнуть, что сотрудничество в стенах FOM института ученых различных стран было очень плодотворным на различных этапах и должно быть продолжено. Предстоящие годы наверняка продемонстрируют взаимовыгодность такого сотрудничества во всем мире.

СТО ЛЕТ НАЗАД

ФРАНЦИЯ. Перевозка воды в виде газа. Химик Пастер, племянник знаменитого микрографа, недавно сделал очень удачное практическое применение одного давнишнего химического открытия. Известно, что при переходе пустыни Африки необходимо для каждого каравана брать с собою большое количество верблюдов или лошадей, которые везут на себе запас воды часто в ущерб другим необходимым запасам. Пастеру удалось придумать значительное устранение этого неудобства — применить систему перевозки воды в виде составных частей ее: кислорода и водорода. Так как последний в 16 раз легче первого и может содержаться в воздушных шарах, то на значительной части верблюдов будет лежать лишь перевозка кислорода, которым, кроме того, можно будет еще освещать путь каравана в темные ночи. В случае необходимости остается лишь соединить оба газа, и караван получает воду. Французское правительство за это удачное практическое открытие пожаловало Пастеру орден Почетного Легиона.

«Нива»

Игорь Михайлович ТЕРНОВ (р. 1921) — физик-теоретик, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической физики физического факультета МГУ, проректор МГУ, лауреат Государственной премии СССР.

Родился в Москве. В 1951 окончил физический факультет МГУ, в 1954 — аспирантуру. В том же году защитил кандидатскую диссертацию, а в 1961 — докторскую. С 1954 работает на физическом факультете, занимая последовательно должности ассистента, доцента, профессора, заведующего кафедрой. С 1969 — проректор МГУ.

Научные исследования И. М. Тернова посвящены классической и квантовой теории ультрарелятивистских частиц в сильных электромагнитных и гравитационных полях. Им (совместно с А. А. Соколовым) предсказан эффект самополяризации ультрарелятивистских электронов и позитронов, движущихся в магнитном поле (Государственная премия СССР, 1976).

И. М. Тернов — автор более 140 научных работ, в том числе монографий и учебников. Его научная и педагогическая деятельность отмечена рядом правительственных наград.

ИГОРЬ МИХАЙЛОВИЧ ТЕРНОВ

Поляризованные электроны — новые возможности физического эксперимента

Спин электрона

Электрон, известный с конца прошлого столетия, относится к числу хорошо изученных элементарных частиц. В течение длительного времени предполагалось, что основные свойства электрона достаточно полно можно охарактеризовать его массой и электрическим зарядом, определяющими индивидуальность частицы, а также взаимодействие с другими частицами и полями.

Однако уже более 50 лет назад была открыта еще одна фундаментальная характеристика электрона — спин.

Как известно из классической механики, движущийся по орбите электрон обладает механическим моментом количества движения — орбитальным моментом. Если при этом электрон движется во внешнем магнитном поле, то у него появляется дополнительная энергия, причем величина этой энергии оказывается пропорциональной орбитальному магнитному моменту, также связанному с поступательным движением электрона.

В результате анализа ряда экспериментальных фактов стало очевидным, что для описания движения электрона кроме обычных трех степеней свободы необходимо ввести четвертую — «внутреннюю» степень свободы, не связанную с перемещением частицы в пространстве. Эти соображения легли в основу гипотезы о вращающемся электроне (Уленбек — Uhlenbeck, и Гаудсмит — Goudsmit, 1925).

В соответствии с этой гипотезой постулируется, что электрон наряду с орбитальным моментом обладает собственным механическим моментом количества движения $\vec{S}$ — спином, численно равным $h / 2$ (h — постоянная Планка). Проекция этого собственного момента на любое направление может принимать только два значения $S_z = \pm h/2$. Электрону также приписывается наличие спинового магнитного момента, численно равного магнетону Бора $\mu_0 = e_0 h / 2m_0 c$, причем проекция его принимает также два значения $\mu_z = \pm \mu_0$. (здесь e_0 и m_0 — заряд и масса электрона).

Гипотеза о спине объяснила целый ряд экспериментальных фактов. Тем не менее вначале она была встречена достаточно сдержанно и часто воспринималась критически.

Основные сомнения и критика гипотезы о вращающемся электроне касались попыток создания классической модели спина. Уленбек и Гаудсмит пытались связать спин электрона с его вращением — в виде шарика-волчка, вращающегося вокруг собственной оси. Отсюда произошло и само название спин электрона — от английского глагола to spin — вращаться (рис. 1).

Гипотеза вращающегося электрона получила развитие в работах советского физика Я. И. Френкеля, послуживших основой для рассмотрения многих вопросов, связанных с динамикой частицы. Однако развитие идеи о вращающемся электроне привело и к непреодолимым трудностям, которые были связаны с тем, что природа спина является существенно квантовой и простая механическая модель этого сложного явления невозможна. Вместе с тем постулаты о том, что электрон обладает собственными механическим и магнитным моментами, оказались весьма плодотворными.

В квантовую механику спин электрона впервые ввел Паули (1927). Законченная теория спина была создана годом позже (1928) Дираком после того, как им было предложено релятивистское волновое уравнение, описывающее движение электронов при любых значениях их энергии. Важно отметить, что в релятивистской теории Дирака, строго говоря, вообще нельзя разделить свойства электрона, обусловленные орбитальным движением и спином, — они выступают здесь как единое целое, в особенности в области высоких энергий частицы. Наглядным физическим смыслом теперь обладает полный момент количества движения $\vec{J} = \vec{L} + \vec{S}$, но не его слагаемые в отдельности друг от друга. И только в нерелятивистском приближении, когда скорость частицы

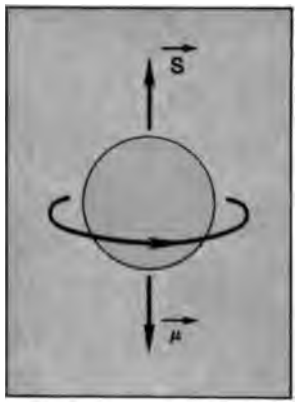


Рис. 1. К гипотезе «вращающегося электрона». Вследствие отрицательного знака заряда электрона его спиновые механический $\vec{S}$ и магнитный $\vec{\mu}$ моменты ориентированы противоположно друг другу

значительно меньше, чем скорость света, уравнение Дирака переходит в приближенное уравнение Паули, и тогда спин частицы получает обычную интерпретацию.

Дальнейшие успехи в выявлении спиновых свойств электрона относятся к послевоенному периоду, когда усиленное развитие получил радиоспектроскопический метод исследования, основанный на точных измерениях частоты электромагнитных колебаний в области микроволнового (сантиметровый и миллиметровый) диапазона.

Новые возможности, открывшиеся в физическом эксперименте, принесли и новые данные о природе электрона.

С помощью радиоспектроскопического метода было установлено, что спиновый магнитный момент электрона μ_e отличается от магнетона Бора μ_0, причем

$$\mu_e = -\mu_0 \left(1 + \frac{\alpha}{2\pi}\right).$$

Здесь $\alpha = e_0^2 / hc = 1 / 137$ — безразмерная постоянная тонкой структуры — параметр, характеризующий электромагнитные взаимодействия. Между тем из строгой теории Дирака для спинового магнитного момента электрона получается значение, равное магнетону Бора.

Теоретическое рассмотрение этого явления показало, что дополнительный — аномальный — магнитный момент электрона обусловлен взаимодействием электрона с вакуумом, когда отсутствуют реальные кванты электромагнитного поля — фотоны.

Это взаимодействие с квантовыми флуктуациями электромагнитного поля усложняет характер движения электрона — он движется подобно броуновской частице, испытывая на себе многочисленные удары — последствия влияния флуктуационных сил.

Задача об аномальном магнитном моменте электрона была решена впервые Швингером (Schwinger) в 1948 г. в хорошем согласии с экспериментом, причем им была установлена формула *(1) как прямое следствие* теории*. Эта формула справедлива только в линейном приближении по величине внешнего магнитного поля. В случае больших энергий электрона и сильных магнитных полей (как это было показано нами с В. Г. Багровым, В. А. Бордовицыным и О. Ф. Дорофеевым, 1968) величина аномального магнитного момента электрона становится нелинейной функцией от энергии частицы и напряженности поля.

Роль спина во взаимодействии частиц

Спиновые свойства присущи всем элементарным частицам, причем спин каждой частицы имеет для нее одно и то же значение и тем самым является, как мы уже говорили, такой же фундаментальной характеристикой, как масса и заряд. Поскольку спины всех частиц кратны h, спин удобно измерять в единицах h. При этом все элементарные частицы делятся на два класса: с целым (0, 1, 2, ...) и с полуцелым (1/2, 3/2, ...) спином. Частицы с целым спином подчиняются так называемой статистике Бозе (бозоны), согласно которой в каждом квантовом состоянии может находиться любое число частиц; к бозонам относятся мезоны со спином 0, фотоны со спином 1 и др. Для частиц полуцелого спина справедлива статистика Ферми (фермионы), в соответствии с которой в каждом состоянии может находиться лишь одна частица с заданным значением спина (принцип Паули).

К числу фермионов относятся электроны, позитроны, протоны, нейтроны, нейтрино, мю-мезоны и др. Знание спина частиц является, таким образом, необходимым с точки зрения поведения их совокупности.

Остановимся теперь кратко на механизме зависящих от спина сил, действующих на электрон. Как уже отмечалось, электрон обладает спиновым магнитным моментом $\vec{\mu}$. В силу этого он должен обладать электромагнитными свойствами маленького постоянного магнита-диполя, взаимодействующего с внешним магнитным полем. Частным случаем спинового магнитного взаимодействия двух электронов является спин-спиновое взаимодействие: два электрона взаимодействуют друг с другом подобно двум постоянным магнитикам. Возникающие при этом силы могут оказаться и притягивающими и отталкивающими в зависимости от взаимной ориентации спинов обеих частиц.

Другой тип взаимодействия, зависящий от спина частицы, менее нагляден — это спин-орбитальное взаимодействие, которое проявляется у движущихся частиц и существенно зависит от

* В настоящее время экспериментальное значение аномального магнитного момента измерено с очень высокой, почти фантастической точностью — до $2 \cdot 10^{-4}$%.

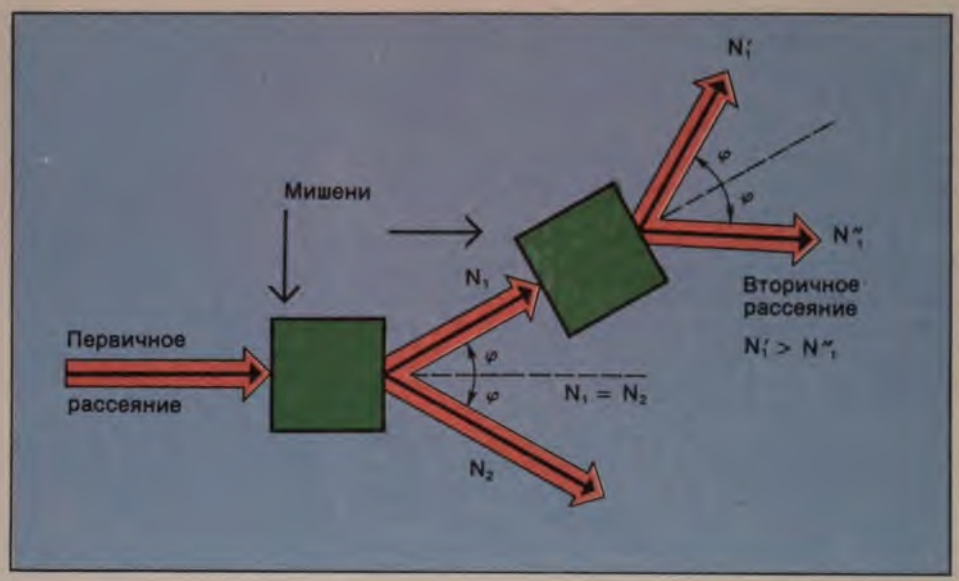


Рис. 2. Двойное рассеяние (N_1 и N_2 — число частиц в пучке)

скорости их движения. Из общих положений релятивистской теории следует, что движущаяся частица, обладающая магнитным моментом, приобретает дополнительный электрический момент, величина которого зависит от скорости частицы. Движущийся электрон таким образом обладает спиновым электрическим моментом-диполем. Если электрон движется в электрическом поле, то он взаимодействует с ним не только зарядом, но и спиновым электрическим моментом.

Таковы основные характеристики спиновых взаимодействий электрона. Все эти рассуждения, однако, относятся к случаю малых скоростей движения электрона. В случае больших скоростей спиновые свойства частицы неотделимы от ее орбитального движения.

Особый интерес представляет проявление спиновых свойств электрона в процессах рассеяния. Познание физической картины нашего материального мира требует все более тонкого исследования структуры субчастиц, из которых могут состоять известные сегодня элементарные частицы, а также природы сил взаимодействия между ними. В решении всех этих задач важное значение приобретают эксперименты по рассеянию, в которых сталкиваются две частицы и изучаются результаты такого столкновения. Процесс рассеяния может быть упругим, и тогда частицы остаются неизменными — они лишь меняют свой импульс. Рассеяние может быть и неупругим, в результате чего возможны явления взаимного превращения частиц и появление новых частиц. Эксперименты по взаимному столкновению частиц могут претерпевать различные модификации: может меняться энергия частиц, причем характерна тенденция к постоянному росту этой величины; может изменяться тип частиц и т. д. Но существо эксперимента остается в главных чертах без изменения.

Среди всех видов быстрых частиц, вступающих в столкновение с частицами мишени, следует подчеркнуть важность электронных пучков. Это связано с тем, что электромагнитный тип взаимодействия наиболее хорошо в настоящее время изучен и законы электродинамики оказываются справедливыми вплоть до самых малых расстояний порядка 10^{-15} см. Тем самым открываются возможности уверенной интерпретации результатов упругого и в особенности неупругого рассеяния, что очень важно для изучения различных взаимодействий не электромагнитной природы (например, сильных взаимодействий).

Важную роль в процессах рассеяния играет поляризация электронов. Пучок электронов является поляризованным, когда их спин имеет преимущественное направление в пространстве. Если спин всех частиц ориентировать в определенном направлении (например, вдоль импульса электрона), то можно говорить о полной (100%) (в данном примере продольной) поляризации пучка. Если же только часть электронов имеет ориентированный спин, то и поляризация будет частичной. При этом степень поляризации пучка можно определить с помощью отношения

$$Q = \frac{N^{\uparrow} - N^{\downarrow}}{N^{\uparrow} + N^{\downarrow}},$$

в котором $N^{\uparrow}$ и $N^{\downarrow}$ — число электронов пучка, имеющих заданную ориентацию спина. И, наконец, если спины электронов в пучке ориентированы хаотично ($N^{\uparrow} = N^{\downarrow}$), пучок является неполяризованным.

Еще в ранних работах (1929—1930) английским физиком Моттом (Mott) было отмечено, что поляризованный пучок электронов рассеивается несколько иначе, чем неполяризованный: спиновые эффекты вносят свой вклад в процесс рассе-

яния. Этот вклад обусловлен спин-орбитальным взаимодействием, о котором шла речь выше.

Любопытным, хотя, впрочем, вполне очевидным, является то обстоятельство, что при рассеянии неполяризованного пучка электронов он может частично поляризоваться. Это явление можно обнаружить с помощью эксперимента по двойному рассеянию.

На рис. 2 изображена схема такого эксперимента. В начале неполяризованный пучок рассеивается под заданным углом на первой мишени с равной вероятностью. При этом он частично поляризуется, в силу чего вторичное рассеяние происходит уже иначе. Наблюдается асимметрия, частицы как бы «запоминают» историю своего первоначального рассеяния. Процесс рассеяния оказывается зависящим от ориентации спина: степень асимметрии во вторичном рассеянии пропорциональна степени поляризации пучка.

Спиновая зависимость обнаруживается не только при рассеянии частиц на неподвижной мишени, но также и в процессах рассеяния частиц при их столкновении. Так, в частности, при столкновении поляризованных электронов процесс рассеяния сильно зависит от относительной ориентации спинов частиц.

Мы рассмотрели процессы упругого рассеяния. Процессы неупругого рассеяния также обнаруживают спиновую зависимость. Например, в явлениях двухфотонной аннигиляции электрон-позитронной пары ($e^+ + e^- = 2\gamma$) сечение этой реакции содержит член, зависящий от ориентации спинов позитрона и электрона по отношению к направлению их движения (продольная поляризация).

Можно было бы привести множество явлений, характеризующихся спиновой зависимостью. Мы ограничились в этом разделе лишь несколькими примерами процессов, зависящих от спиновых свойств взаимодействующих частиц.

Применение пучков поляризованных частиц в физическом эксперименте

Применение поляризованных частиц в физическом эксперименте открывает возможность наблюдения новых явлений, связанных с внутренней степенью свободы частицы. Фиксируя спиновую переменную, поляризация выделяет преимущественное направление для внутренней степени свободы — это и расширяет возможности для получения информации о природе частиц и их взаимодействий.

Явления поляризации в недавнем прошлом уже помогли получить уникальную информацию. Достаточно вспомнить опыты By (Wu) с сотрудниками (1956) по β-распаду поляризованных ядер Co^{60}, в которых было обнаружено несохранение четности в слабых взаимодействиях. В этих опытах спины β-излучающих ядер выстраивались *вдоль* некоторой оси, и число вылетающих электронов анализировалось в зависимости от этого выделенного направления. Эксперимент обнаружил большую асимметрию в вылете β-электронов: они испускались преимущественно в направлении, противоположном спину ядер. Это явилось основанием для проведения абсолютного различия между «правым» и «левым».

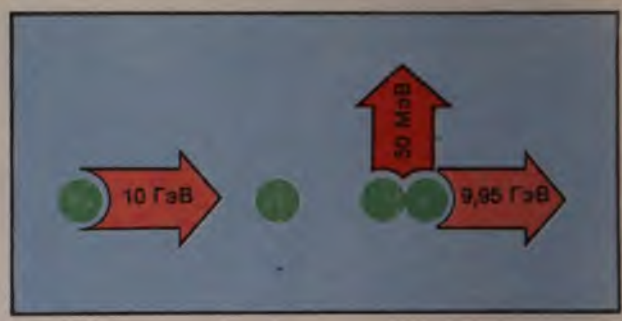


Рис. 3. Столкновение движущегося электрона с покоящимся (полезно используется лишь 0,5% энергии)

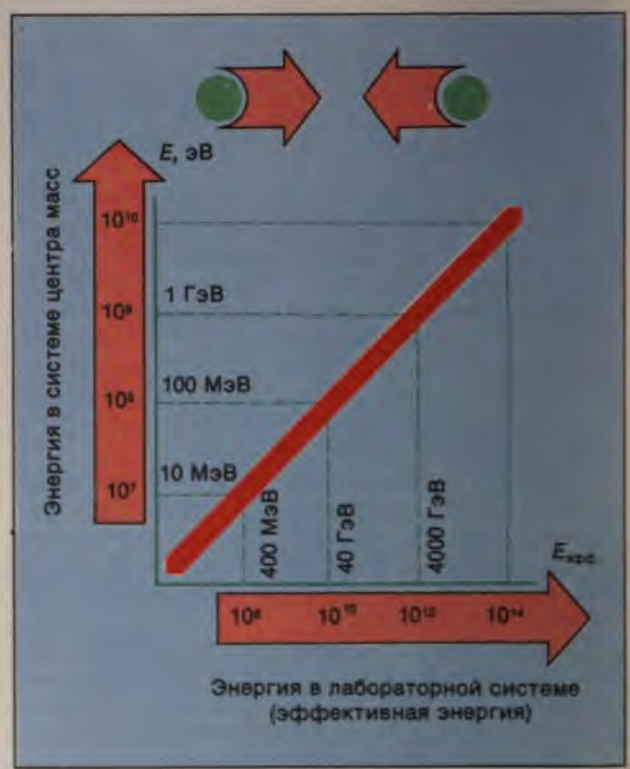


Рис. 4. Эффективная энергия при встречном соударении электронов

Дальнейшее развитие физики высоких энергий подсказало, что в исследовании спиновых свойств частиц и роли спина в различных взаимодействиях новые возможности открывает применение релятивистских пучков поляризованных частиц.

Ряд очень интересных физических результатов

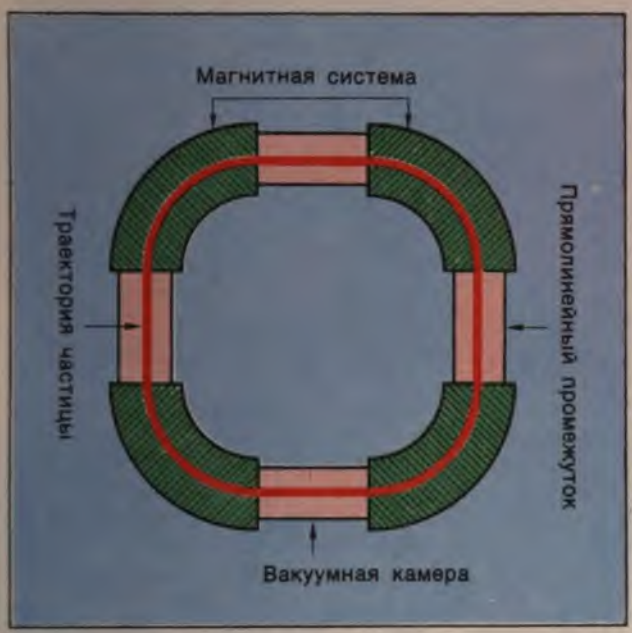


Рис. 5. Схема накопительного кольца

был получен с помощью метода встречных пучков в специальных циклических установках — в накопительных кольцах.

Важно подчеркнуть, что при падении частиц на неподвижную мишень значительная часть энергии ускоренной частицы переходит в кинетическую энергию движения центра масс образовавшейся системы частиц, включая и продукты реакции: все частицы как бы продолжают двигаться «вместе» (рис. 3). В случае же встречного столкновения частиц вся их энергия будет переходить в энергию реакции, причем в силу релятивистских законов сложения скоростей эффективная энергия при таком столкновении резко возрастает. Так, в частности, если сталкиваются два пучка электронов с энергией E, то эффективная энергия (рис. 4) при столкновении становится равной:

$$E_{эфф} = 2\,E^2 / m_0c^2,$$

где m_0c^2 — энергия покоя (для электрона $m_0c^2 = 0{,}5$ МэВ).

Для получения заметных вероятностей встречных столкновений необходима достаточная плотность частиц, а также длительное время их существования, в течение которого частицы могут сталкиваться неоднократно. Такие условия как раз и реализуются в накопительных кольцах.

По своей конструкции накопительное кольцо не имеет существенных отличий от синхротрона: частицы вращаются в фокусирующем магнитном поле в условиях высокого вакуума (рис. 5). При этом, однако, в отличие от ускорителя здесь магнитное поле не меняется во времени, обеспечивая постоянство энергии циркулирующих частиц. Радиационные потери энергии, обусловленные центростремительным ускорением электронов (синхротронное излучение), компенсируются с помощью высокочастотного электрического поля, сосредоточенного в прямолинейных промежутках. Электроны и позитроны, предварительно ускоренные до высокой энергии, вводятся одновременно в вакуумную камеру кольца и движутся в противоположных направлениях.

Воздействие высокочастотного электрического поля на частицы приводит к тому, что они движутся неравномерно — сгустками, пересекаясь в определенных зонах.

Длительное время циркуляции (десятки часов) обеспечивает достаточную для наблюдений вероятность столкновений.

Большой интерес вызвали эксперименты по аннигиляции электронов и позитронов высокой энергии с последующим их превращением в адроны (сильновзаимодействующие частицы). Этот процесс должен зависеть от поляризации сталкивающихся пучков, что дает возможность изучения структурных функций адрона, а также помогает в выборе между различными моделями взаимодействия.

Эксперименты с поляризованными частицами, таким образом, делают процесс аннигиляции особенно информативным.

В Стэнфорде (США) на накопительном кольце SPEAR (2×4 ГэВ) были (1974) поставлены важные эксперименты, приведшие к открытию новых, так называемых «очарованных» ψ-частиц (псионов). Псионы относятся к группе нестабильных адронов с массами в диапазоне 3—4 ГэВ (напомним, что масса протона составляет примерно 1 ГэВ) и образуются в процессе аннигиляции сталкивающихся электронов и позитронов. Вначале при слиянии этих частиц образуется виртуальный* фотон-файрбол с огромной плотностью энергии и затем, на последующем этапе, появляются ψ-частицы (рис. 6).

Большой интерес к новым частицам был вызван их необычной устойчивостью, несвойственной тяжелым частицам. Распад ψ-частиц на обычные адроны оказался сильно подавленным, что можно было бы объяснить существованием каких-то неизвестных нам запретов, например, наличием у псионов новых квантовых чисел со своими правилами отбора. Потребовалось расширить кварковую модель.

В связи с этим было предложено ввести четвертый кварк с дробным зарядом ($^2/_3$), несущий новое квантовое число — очарование (чарм), причем четырехкварковая модель оказалась в

* Виртуальные частицы — как бы не существующие (в классическом смысле) частицы. Они существуют в промежуточных, имеющих малую длительность состояниях, для которых не выполняется обычное соотношение между энергией, импульсом и массой.

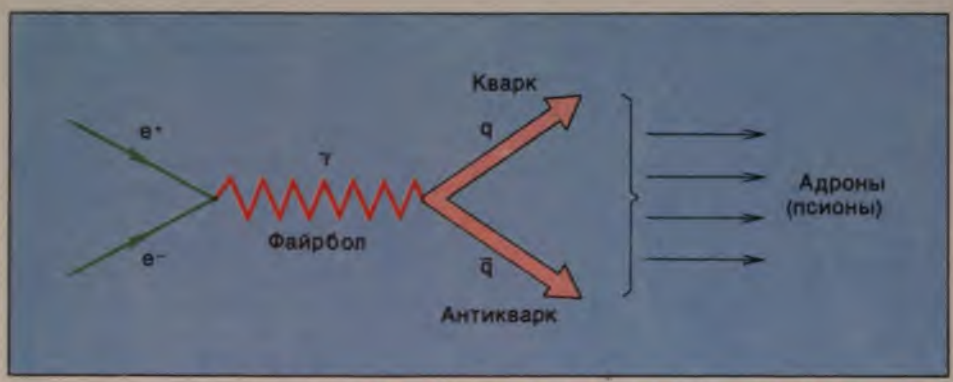


Рис. 6. Рождение адронов в процессе аннигиляции сталкивающихся электронов и позитронов

Рис. 7. Образование струй адронов

состоянии объяснить все известные данные по новым частицам*.

В экспериментах по проверке этих гипотез, и в частности кварковой модели, обращают на себя внимание опыты по наблюдению так называемых струй, образуемых потоками частиц. В этих опытах существенное значение имеет поляризация электронно-позитронных пучков. Существует предположение, что адроны в конечном состоянии появляются не из виртуального фотона-файрбола, а из пары кварк-антикварк. Эта пара формируется из виртуального фотона, причем кварк и антикварк ведут себя как свободные частицы и затем уже возникают конечные адроны. Существенным моментом является то обстоятельство, что рождение конечных адронов происходит в основном в направлении $q\bar{q}$. Вследствие этого распределение по импульсам рождающихся адронов имеет форму типа струи (рис. 7). Поляризация электронно-позитронных пучков вызывает асимметрию вылета рожденных адронов относительно направления исходных пучков. Это и было обнаружено в эксперименте. Поэтому наблюдение струй в e^+e^--аннигиляции на SPEAR — одно из сильнейших свидетельств в пользу того, что адроны состоят из кварков.

Другое свидетельство в пользу структурности частиц принесли опыты по «просвечиванию» протонов и нейтронов с помощью быстрых электронных пучков. Для анализа «структуры» частицы с размерами порядка 10^{-13} см необходимо ускорить электроны до таких энергий, чтобы их длина волны де-Бройля была бы меньше этой величины. (Для изучения структуры нуклона, например, было бы достаточно, чтобы длина волны электрона равнялась 10^{-14} см.)

Электрон ведет себя в процессах рассеяния как точечная бесструктурная частица (точечность электрона проверена до расстояний 10^{-15} см) и взаимодействует с нуклонами только через электромагнитные силы. Поэтому применение электронных пучков открывает возможности исследования неизвестной структуры нуклонов с помощью хорошо изученных электромагнитных сил.

Исследования принесли интересные данные о структуре нуклона. Было установлено, что протон и нейтрон имеют размытые границы со средним радиусом $0{,}8 \cdot 10^{-13}$ см и, что самое интересное, обладают сложной внутренней структурой: они включают в себя особые точечные образования. Эти неизвестные образования Фейнман назвал «партонами» (от английского part — часть), предполагая, что это точечные частицы. Было высказано также предположение, что неизвестные точечные партоны можно отождествить с кварками.

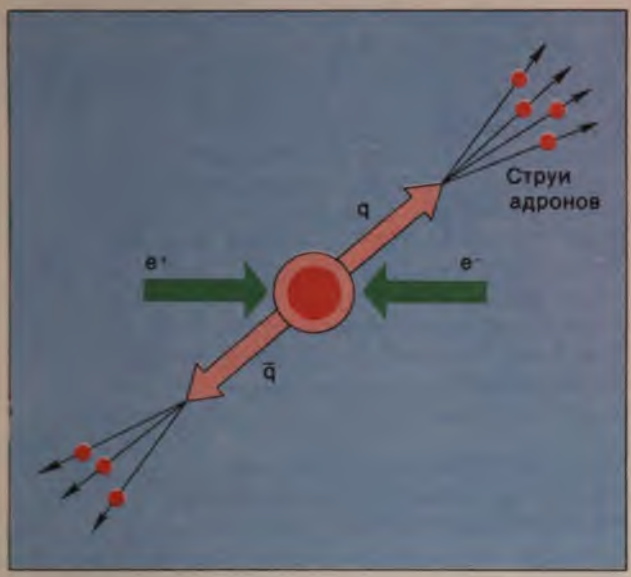
Не имея возможности входить в подробности этих, без сомнения интересных, вопросов, отметим только следующее важное обстоятельство: падающие на частицы мишени (нуклоны) ускоренные до высоких энергий электроны взаимодействуют не только с электрическим зарядом нуклона, но также и с его магнитным моментом, порожденным спином. В силу этого эксперимент дает возможность изучать не только распределение заряда внутри нуклона, но и намагниченность. Знание внутренней структуры нуклонов является очень важным этапом в понимании природы сильных взаимодействий, обеспечивающих стабильность атомных ядер, а следовательно, и вообще стабильность вещества.

В экспериментах по изучению структуры нуклона использовался пучок электронов, ускоренных в линейном ускорителе SLAC в Стэнфордском ускорительном центре (США). Пройдя расстояние в 2 мили и получив от внешних источников энергию в 20 ГэВ, электроны падали на неподвижную мишень. Заметим, что в линейном ускорителе механизм поляризации электронов отсутствует, поэтому пучки ускоренных частиц были не поляризованы. Рассеяние же поляризованных электронов на нуклонах может принести новую информацию о характере структуры последних.

Применение пучков поляризованных частиц важно также для физики слабых взаимодействий. В этой связи следует подчеркнуть, что проектируемые на ближайшее будущее ускорители (и нако-

---

* Подробнее о кварках см. статью Б. А. Арбузова и А. А. Логунова «Частицы и силы: поиски единства» в ежегоднике «Наука и человечество. 1979». — *Ред.*



пители) на встречных пучках (электрон-позитронные, электрон-протонные) дадут возможность повысить эффективную энергию ускоренных частиц при встречных столкновениях до таких значений, когда эффекты, обусловленные слабыми и электромагнитными взаимодействиями, окажутся сравнимыми по своей величине. Как же установить различие между ними? Применение пучков поляризованных частиц открывает путь к решению этой задачи, поскольку процессы, связанные со слабыми взаимодействиями, существенно зависят от продольной поляризации частиц, т. е. от ориентации их спина по отношению к направлению движения частицы.

Радиационная поляризация электронов и позитронов

Надо сказать, что в течение длительного времени не было прогресса в создании пучков поляризованных электронов и позитронов высокой энергии. Существующие способы поляризации могли обеспечить лишь нерелятивистскую область энергий. Это прежде всего относится к электронам β-распада (они продольно поляризованы), далее идет поляризация частиц, возникающая при их рассеянии, и, наконец, ориентация спинового магнитного момента частиц путем воздействия на них комбинациями электрического и магнитного полей. Все эти методы были ограничены в своих возможностях: как уже сказано, они были применимы только в нерелятивистской области энергии и, кроме того, давали недостаточную степень поляризации пучков, а также их слабую интенсивность.

Было очевидно, что необходимо получить пучки релятивистских поляризованных электронов и позитронов. Возникла мысль: а нельзя ли ускорить уже поляризованные частицы низкой энергии до высоких энергий? Здесь существует трудность: нужен интенсивный источник частиц с заданной поляризацией. Кроме того, поскольку частицы в ускорителе проходят огромный путь, необходимо было проанализировать деполяризующие факторы: возникновение резонансов, влияние неоднородностей поля вдоль траектории частицы, роль аномального магнитного момента частиц и др.

В 1963 г. нами совместно с А. А. Соколовым было показано, что при длительной циркуляции электронов в магнитном поле синхротронное излучение приводит к преимущественной ориентации спина частицы. Квантовая теория явления радиационной поляризации вскрывает интереснейшую физическую картину явления. Процесс изменения ориентации электронного спина происходит в условиях дискретности испускания фотонов электроном, движущимся по окружности в магнитном поле с релятивистской скоростью. При этом, как следует из общей теории синхротронного излучения, электрон испускает ограниченное (на одном обороте) число фотонов высокой энергии — он как бы «стряхивает» с себя мощные γ-кванты. Каждый акт испускания сопровождается импульсом отдачи — квантовой «встряской».

Квантовые переходы электрона из одного состояния в другое, сопровождающиеся излучением, имеют отличную от нуля вероятность, связанную с изменением ориентации спина. Однако вследствие флуктуационного характера излучения возможен не только односторонний процесс упорядочения спина, но также могут быть и обратные переходы.

В результате квантовых переходов, сопровождающихся излучением, пучок электронов становится поляризованным: через некоторое время (время поляризации) спин электронов оказывается направленным против внешнего магнитного поля:

$$Q = \frac{N^{\uparrow} - N^{\downarrow}}{N^{\uparrow} + N^{\downarrow}} = \frac{8\sqrt{3}}{15} = -0{,}924.$$

Так был открыт эффект радиационной поляризации электронов. Для позитронов этот эффект также имеет место, однако спин позитронов ориентируется при этом противоположно электронному.

Время поляризации, в течение которого происходит процесс ориентации спина, для энергий электрона порядка 1 ГэВ и напряженности магнитного поля 10^4 гаусс составляет величину порядка часа, что вполне реализуется в накопительных кольцах.

Накопительные кольца — новый источник быстрых поляризованных частиц

Эффект радиационной поляризации электронов и позитронов был установлен нами для случая движения частиц в постоянном и однородном магнитном поле. Дальнейшие теоретические и экспериментальные исследования показали, что при выполнении определенных условий можно обеспечить радиационную поляризацию пучков электронов и позитронов и в реальных накопителях частиц. При этом, однако, могут возникнуть некоторые факторы, мешающие проявлению эффекта ориентации спинов — факторов, которые могут вызвать деполяризацию частиц.

Прежде всего заметим, что в накопительных кольцах электроны движутся в фокусирующем аксиально симметричном магнитном поле, обеспечивающем устойчивое движение пучка по равновесной орбите. Случайные отклонения не выводят частицы из режима устойчивого движения — они лишь совершают малые, так называемые бетатронные колебания около равновесной орбиты. В этих условиях возможно проявление резонансных явлений, которые могут разрушить поляризацию пучка.

В явлениях резонанса, разрушающих поляризацию, существенную роль играет аномальный магнитный момент электрона. Заметим, что проявление аномального магнитного момента начинает сказываться уже в однородном магнитном поле. При этом продольная поляризация — проекция спина на направление движения электрона (на вектор скорости) становится неустойчивой; она быстро меняется по периодическому закону*.

В случае неоднородного фокусирующего магнитного поля вакуумный аномальный магнитный момент электрона оказывает влияние также и на устойчивость поперечной поляризации. Если частота бетатронных колебаний электрона совпадает с частотой прецессии его спина, возникает характерный резонанс, который может разрушить поляризацию. Выбором энергии частиц и параметров магнитной системы можно избежать наиболее опасных резонансов, и тогда условия для проявления эффекта радиационной поляризации оказываются достаточно близкими к идеальным. Детальные исследования явления поляризации для накопителей, рассчитанных на сверхвысокие энергии электронов (10—100 гЭв), показали полную возможность создания поляризованных пучков частиц и для этой области энергий, которая планируется на ближайшее будущее. Была оценена деполяризующая роль квантовых флуктуаций, влияние неоднородностей поля и ряда других факторов, встречающихся в реальных условиях.

В современных экспериментах физики высоких энергий чаще всего применяются продольно поляризованные пучки релятивистских частиц. Полученные в накопительных кольцах поперечно поляризованные пучки можно, подбирая необходимую конфигурацию поля на прямолинейном участке, преобразовать в продольно поляризованные и наоборот. Поворот поляризации электронного пучка реализуется только в точке встречи пучков, ибо в дальнейшем квантовые флуктуации будут разрушать одну поляризацию и восстанавливать другую.

Экспериментальное наблюдение эффекта радиационной поляризации электронов и позитронов

Впервые эффект радиационной поляризации наблюдался экспериментально через 8 лет после его теоретического предсказания. В 1971 г. в Новосибирске в Институте ядерной физики СО АН СССР поляризация изучалась на накопительном кольце ВЭПП-2 на 625 МэВ, в том же году эффект был обнаружен во Франции (Орсе) на накопителе АКО (536 МэВ), затем в 1975 г. в США (Стэнфорд) — при энергии электронов 2,4 ГэВ и в 1980 г. на установке PETRA (ФРГ) — 15,2 ГэВ.

В первых экспериментах, проведенных советскими и французскими физиками, использовался метод наблюдения, основанный на явлении рассеяния частиц друг на друге в одном и том же пучке. Это рассеяние, связанное с радиальными бетатронными колебаниями частиц, может привести к отличным от среднего значения E энергиям частиц E_1 и E_2. Ведущее магнитное поле будет выделять такие частицы из сгустка, заставляя их двигаться по почти симметричным траекториям. Этот эффект внутреннего рассеяния (иногда его называют эффектом Тушека) может привести к потерям частиц из пучка, если добавочный импульс при рассеянии будет превышать максимально допустимое значение.

Важным является то обстоятельство, что сечение рассеяния зависит от ориентации спина частиц. Поэтому количество частиц, выбывающих из режима ускорения, зависит от их поляризации: время жизни поляризованного пучка оказывается больше, чем неполяризованного. Частицы выбывают из режима ускорения парами, как ясно из существа эффекта внутреннего рассеяния, и это может быть зафиксировано соответствующими счетчиками частиц.

В начальный момент времени, когда пучок был неполяризован, число выбывающих пар частиц максимально, затем по мере радиационной поляризации спины частиц в пучке упорядочива-

* Частота этого изменения равна $\omega = (\alpha \quad 2\pi)\Omega$, где Ω — циклотронная частота, равная частоте обращения частицы.

ются и скорость выбывания частиц экспоненциально убывает. Затем пучок деполяризуется с помощью наложения дополнительного поля, меняющего энергию частиц и приводящего к резонансу — совпадению частоты прецессии спина с частотой бетатронных колебаний (машинный резонанс). При этом скорость выбывания пар частиц вновь резко возрастает, достигая своего первоначального значения.

Эксперименты, проведенные над пучками электронов (ВЭПП-2, Новосибирск) и позитронов (АКО, Орсе), не только качественно доказали существование эффекта радиационной поляризации, но и установили хорошее совпадение с теорией в отношении времени и степени поляризации пучка.

Однако метод измерения поляризации, основанный на эффекте внутреннего рассеяния частиц, оказывается непригодным для измерения поляризации сталкивающихся встречных пучков. Кроме того, он весьма чувствителен к деталям структуры пучка, что снижает точность измерения поляризации.

В основе другого метода лежит измерение анизотропии рождения частиц при аннигиляции электронно-позитронных пар. Так, в частности, при столкновении электрона и позитрона их аннигиляция может привести к рождению пары мю-мезонов: $e^+e' \to \mu^+\mu^-$. Сечение этого процесса, рассчитанное методами квантовой электродинамики, зависит от степени поперечной поляризации сталкивающихся пучков Q, что должно выражаться в асимметрии вылета мюонных пар.

Такие эксперименты были проведены в Стэнфорде на накопительном кольце SPEAR при энергии частиц 3,7 ГэВ. Измерения анизотропии рождения мюонных пар привели к результатам, хорошо согласующимся с теорией.

Летом 1980 г. поляризация электронов измерялась на накопительном кольце PETRA (ФРГ). Метод измерения был основан на эффекте комптоновского рассеяния — рассеяния фотонов на электронах.

Сфокусированный пучок линейно-поляризованных фотонов, источником которых служил лазер, направлялся на пучок ускоренных электронов. Процесс рассеяния фотонов существенно зависит от ориентации спина электронов. Поэтому в эксперименте по рассеянию можно было наблюдать степень поляризации электронов. В этих опытах, как упоминалось, была обнаружена поляризация частиц при энергии 15,2 ГэВ. Важно заметить, что дальнейшее повышение энергии попадало в область машинного резонанса 15,3 ГэВ — деполяризующие резонансы разрушали ориентацию спина, возвращение же к 15,2 ГэВ вновь обеспечивало поляризацию пучка.

Все перечисленные здесь опыты по наблюдению и измерению поляризации электронно-позитронных пучков в некотором смысле косвенные — они дают возможность судить об ориентации спина частиц в результате тех или иных взаимодействий: столкновения частиц, аннигиляции и т. п. В этой связи небезынтересно упомянуть еще об одной возможности наблюдения поляризации электронов и позитронов — по спектру синхротронного излучения. Этот способ наблюдения не требует воздействия на электрон со стороны других частиц или полей.

Действительно, как было показано автором и А. А. Соколовым, мощность синхротронного излучения, испускаемого поляризованными электронами, зависит от ориентации спина частицы. Сравнивая мощности излучения от поляризованного и неполяризованного пучков электронов в наиболее благоприятной для измерения области спектра (коротковолновая часть), можно получить данные о степени поляризации частиц. Не исключено, что этот метод, предложенный А. Н. Скринским с сотрудниками (1977), станет основным для измерения поляризации в накопителях высокой энергии.

В заключение следует подчеркнуть, что эффект радиационной поляризации электронов и позитронов в накопительных кольцах является в настоящее время единственным и в силу этого уникальным способом получения поляризованных пучков частиц высокой энергии. Поляризация при этом получается естественной, т. е. происходит без какого-либо дополнительного воздействия на частицы внешних электромагнитных полей.

Мы рассказали здесь кратко о новых возможностях физического эксперимента — об опытах с поляризованными частицами. Хочется выразить надежду, что изучение физических явлений, связанных с «внутренней» степенью свободы частицы — ее спином, приведет к новым открытиям в области познания структуры материи.

СТО ЛЕТ НАЗАД

Австрийский минеролог и петрограф Ф. Бекке разработал метод микроскопического изучения строения кристаллов по фигурам поверхностного травления.

Русский химик И. Канонников провел важные исследования структуры молекулы камфары.

Немецкие химики-органики Э. Эрленмейер и А. Лип синтезировали тирозин — аминокислоту, которая входит в состав многих белков и пептидов.

Русский биолог и патолог И. Мечников открыл явление фагоцитоза

Немецкий микробиолог Р. Хок открыл возбудителя азиатской холеры.

Джон КОРИШ (Corish) (р. 1942) — ирландский химик. Родился в Дублине, где и прошли его ранние годы. Степень доктора философии получил в Национальном университете Ирландии в 1969. Затем занимался научно-исследовательской работой, а также читал лекции в Университете Западного Онтарио (в Канаде). В 1972 г. Дж. Кориш возвратился в Ирландию и стал работать в отделе химии университетского колледжа Дублина. Его научные интересы сосредоточены на изучении дефектов ионных кристаллов, на процессах переноса в твердых телах и высокотемпературной коррозии.

ДЖОН КОРИШ

Точечные дефекты ионных кристаллов

Кристаллические твердые тела привлекают внимание простотой, симметрией и красотой, которыми отличаются эти материалы. Для ученого они дополнительно интересны тем, что, определяя структуру решетки, можно очень точно рассчитать положение каждого атома или иона в твердом теле, а после этого понять природу сил, удерживающих атомы в кристалле и определяющих его физические, электрическикие и оптические свойства. Однако кристаллы, в некоторой степени подобно людям, становятся еще более интересными благодаря своим незначительным несовершенствам. Дефекты очень сильно изменяют свойства кристаллов, поэтому мы и расскажем о тех действительно замечательных сведениях, которые получены нами в экспериментах, и о том, как дефекты перемещаются, взаимодействут и агрегируют в кристаллических решетках.

В последние годы значительно облегчилось изучение самых простых (точечных) дефектов благодаря использованию вычислительной техники для атомного моделирования. Мы покажем, как моделируется кристаллическая решетка и дефект, который она содержит, и как на основании этой модели рассчитывают энергию дефекта и определяют его микроскопическую структуру. Надежность таких машинных расчетов в настоящее время достаточно хорошо установлена, эти результаты используются для интерпретации и дополнения экспериментальных данных. Мы специально остановимся на наиболее простых примерах, но тем не менее они хорошо отражают современные представления в данной области.

Точечные дефекты

Положения всех атомов, молекул или ионов в кристалле определяются структурой элементарной ячейки, которая многократно повторяется в кристалле при ее параллельном переносе в пространстве. Это создает дальний порядок, что является существенной особенностью расположения в идеальном ионном кристалле анионов (отрицательно заряженных ионов) и катионов (положительно заряженных ионов). Суммарные заряды анионов и катионов в точности равны, но противоположны по знаку. Ионы занимают регулярные положения, как показано на рис. 1. В структуре NaCl одинаковое число анионов и катионов, а в структуре флюорита в два раза больше однозарядных анионов, чем двухзарядных катионов.

В идеальном кристалле ионы располагаются в предназначенных для них узлах кристаллической решетки. В реальных кристаллах эти идеальные структуры полностью не реализуются. Совершенный порядок обычно нарушают разнообразные дефекты, такие, как границы зерен, или так называемые дислокации, могут быть вакансии, т. е. узлы в кристаллической решетке, в которых не хватает иона, а также ионы, внедренные между узлами, и примесные ионы, которые могут быть как внедрены в междоузлие, так и замещать основной ион. Такие дефекты называют точечными дефектами. Они играют важную роль во всех твердых телах, например, в металлах, однако ионные кристаллы — наиболее интересный объект для изучения таких дефектов. Это связано с тем, что в ионных кристаллах дефекты в большинстве случаев заряжены, а также с тем, что имеется много достоверных экспериментальных методик исследования.

Точечные дефекты, образуемые без добавления каких-либо примесных ионов в кристалл, называют собственными дефектами. Некоторые примеры таких дефектов показаны на рис. 2. В щелочно-галоидных кристаллах, имеющих структуру каменной соли, преобладают дефекты Шоттки, когда в кристалле одновременно есть вакансии как катиона, так и аниона. Катионная вакансия обладает эффективным отрицательным зарядом, а анионная — эффективным положительным зарядом, поэтому такие вакансии притягиваются. В конце концов они могут занять соседние свободные узлы и образовать так называемую парную вакансию. В кристалле хлорида

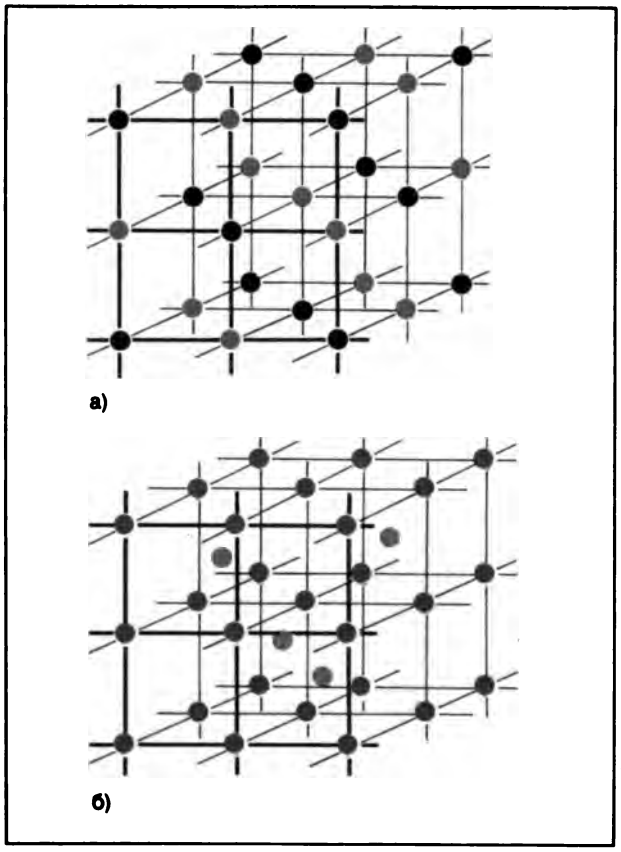
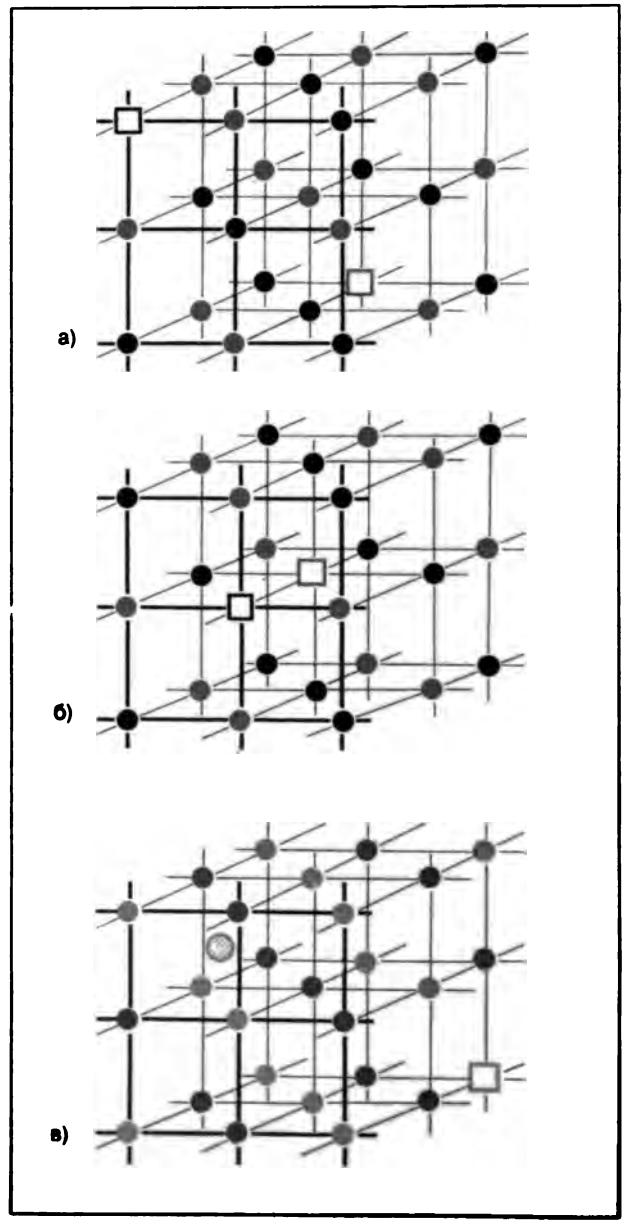


Рис. 1. Идеальное строение кристаллических решеток:
а **— элементарная ячейка каменной соли, красный кружок — ион натрия (Na^+), черный кружок — ион хлора (Cl^-);** *б* **— элементарная ячейка флюорита CaF_2, зеленый кружок — ион стронция (Sr^{2+}), синий кружок — ион фтора (F^-)**

Рис. 2. Собственные точечные дефекты:
а **— дефект Шоттки в кристалле хлористого натрия, красный кружок — ион натрия, красный квадрат — катионная вакансия, черный кружок — ион хлора, черный квадрат — анионная вакансия;**
б **— парная вакансия в кристалле хлористого натрия;**
в **— хлорид серебра, также имеющий структуру каменной соли, но содержащий дефекты Френкеля в катионной подрешетке, зеленый кружок — ион серебра, синий кружок — ион хлора, зеленый квадрат и заштрихованный зеленый кружок — вакансия иона серебра и междоузельный ион серебра соответственно**



серебра, также имеющем структуру каменной соли, преобладают катионные дефекты, названные по имени советского ученого дефектами Френкеля. Эти дефекты образуются при освобождении катионом своего места в решетке и внедрении его в междоузлие; в некоторых других кристаллах дефект Френкеля возникает в анионной подрешетке.

Собственные дефекты всегда в определенных количествах присутствуют в ионных кристаллах, они возникают вследствие термических колебаний ионов в узлах кристаллической решетки. Их равновесная концентрация однозначно определяется температурой кристалла. Число собственных точечных дефектов в ионных кристаллах очень быстро увеличивается с повышением температуры. Величина свободной энергии образования дефектов, как правило, составляет несколько электрон-вольт, в связи с чем кристаллы даже вблизи точки плавления редко содержат больше нескольких десятых долей процента собственных дефектов.

Мы можем искусственно вводить точечные дефекты в ионные кристаллы, добавляя во время их образования примесные ионы. Некоторые примеры таких несобственных дефектов показаны на рис. 3. Если небольшое количество хлорида стронция добавлено к хлористому натрию, *то примесные* двухвалентные ионы Sr^{2+}

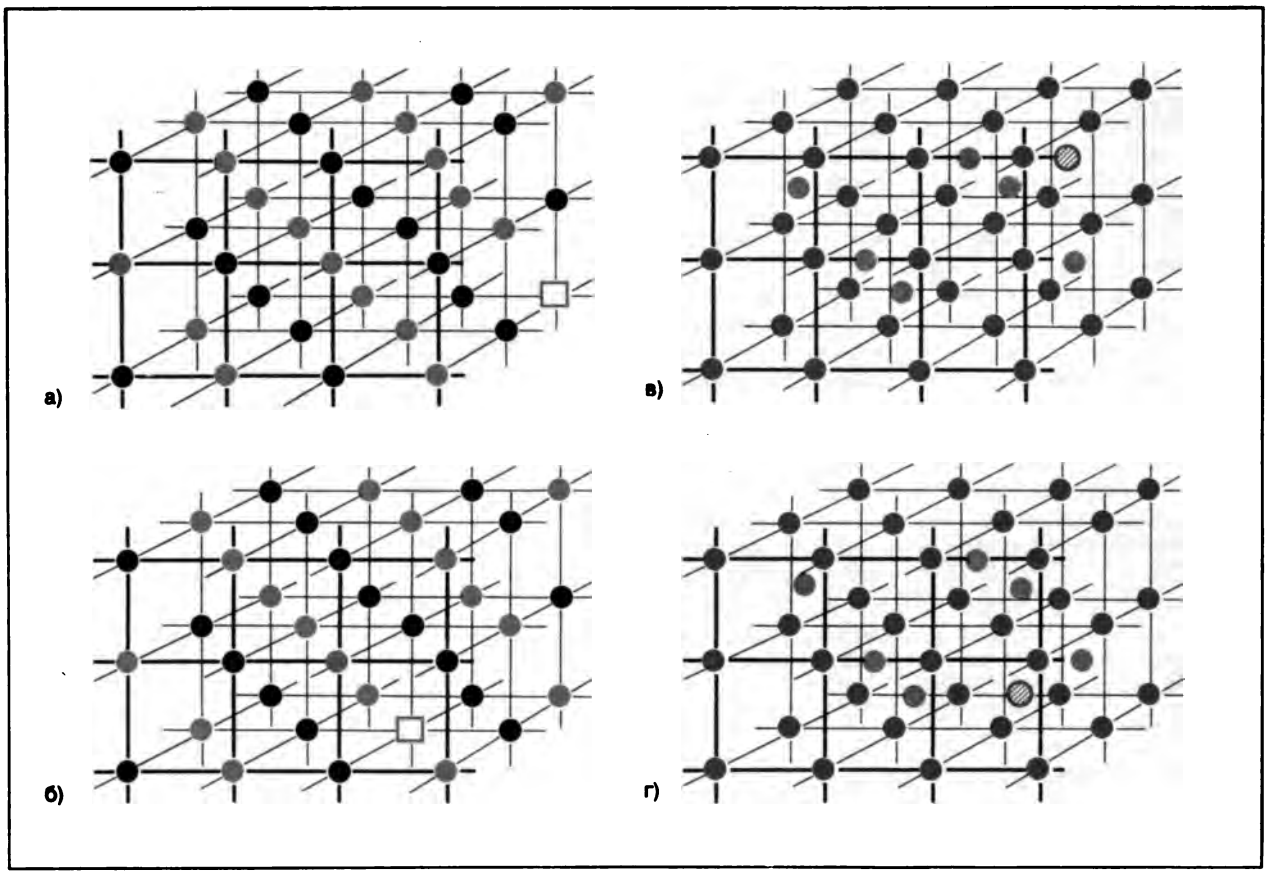


Рис. 3. Несобственные точечные дефекты:
а — **ион стронция (Sr^{2+}), зеленый кружок в решетке хлористого натрия, красный кружок — ион (Na^{+}), красный квадрат — вакансия, компенсирующая избыточный заряд, черный кружок — ион хлора;**
б — **расположенная в ближайших соседних узлах пара ион примеси — вакансия в хлориде натрия;**
в — **ион лантана (La^{3+}), красный кружок в узле решетки фторида стронция, зеленый кружок — ион стронция, синий кружок — ион фтора, синий заштрихованный кружок — междоузельный ион фтора, компенсирующий избыточный заряд примесного иона;**
г — **ассоциированная пара ион примеси — междоузельный ион во фториде стронция**

занимают катионные узлы, обычно занятые одновалентным ионом Na^{+}, но из-за избыточного положительного заряда иона стронция в другом месте решетки для компенсации необходимо ввести также и катионную вакансию. Во фториде стронция трехвалентные примесные ионы, такие, как ионы лантана, размещаются в обычных катионных узлах, а их заряд компенсируется внедренным в междоузлие избыточным ионом фтора. Очевидно, что между имеющими другую валентность примесными ионами и компенсирующими заряд дефектами существует электростатическое притяжение, которое вызывает образование биполярных комплексов, таких, как показанный на рис. 3. В системе NaCl: Sr^{2+} соответствующим комплексом оказывается примесно-вакансионная пара.

Ниже мы более подробно обсудим их образование и последующее объединение. Несобственные дефекты, присутствующие в кристалле, также можно считать термодинамически равновесными образованиями и их концентрацию в кристалле можно подсчитать.

Таким образом, представляя собой далеко не столь совершенную, упорядоченную и в некоторой степени монотонную последовательность чередующихся положительных и отрицательных ионов, реальные ионные кристаллы содержат широкий набор интересных точечных дефектов, которые, как мы увидим, могут сильно влиять на многие их свойства. Это как мы уже говорили, собственные дефекты, концентрация которых зависит от температуры, а кроме того, и несобственные, примесные дефекты, которые либо присутствуют случайно, либо добавлены целенаправленно во время выращивания кристалла. Все эти дефекты можно считать квазихимическими частицами. Подобно заряженным объектам в нейтральной диэлектрической среде, они взаимодействуют между собой на дальних расстояниях с образованием более сложных структур.

Процессы перепоса в ионных кристаллах

Часто ошибочно полагают, что такие общеизвестные щелочно-галоидные соединения, как хлористый натрий и хлористый калий, являются изоляторами, в действительности же они сравнительно хорошие проводники, это особенно справедливо при повышенных температурах. Факт существования проводимости, а также то, что в ионных твердых телах довольно легко протекают как самодиффузия, так и диффузия примесных ионов, служат неопровержимыми доказательствами присутствия в них точечных дефектов. Многие из этих материалов не имеют электронной проводимости — измерения показывают, что проводимость обусловлена миграцией ионов. Однако без существования вакансий или внедренных атомов движение ионов в таком классическом ионном проводнике невозможно: для этого нужна была бы слишком большая энергия. Благодаря дефектам и их перемещениям (рис. 4) процесс движения иона превращается в обмен местами иона и дефекта; при этом величина необходимой энергии уменьшается.

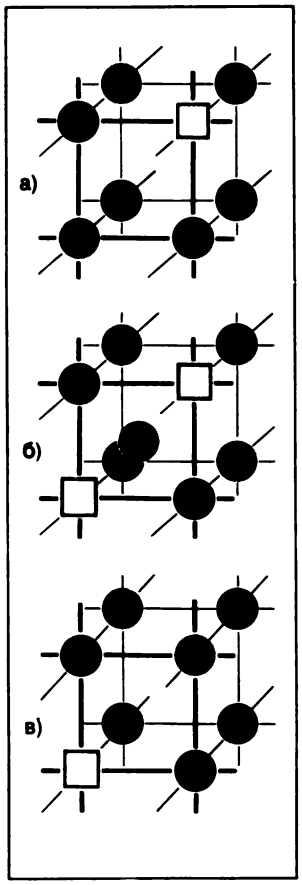


Рис. 4. Движение вакансии в решетке хлорида натрия: красные кружок и квадрат — ион натрия и катионная вакансия соответственно, черный кружок — ион хлора:
а **— исходное положение вакансии до возникновения междоузлия;**
б **— промежуточное положение;**
в **— новое положение вакансии после завершения процесса**

Ионная проводимость

Современные эксперименты по ионной проводимости выполняют на монокристаллических образцах, которые очень тщательно готовят, чтобы они имели правильную геометрическую форму с точно измеренными размерами. Образцы нагревают в инертной атмосфере, температуру при этом контролируют с точностью, превышающей 0,1°С. Измерения проводимости и электрической емкости производят с помощью переменного тока, чтобы избежать эффектов поляризации, причем в опыте требуется получить несколько сотен экспериментальных точек на каждый градус или на пару градусов Цельсия в возможно более широком интервале температур.

Набор кривых электропроводности (σ), измеренных таким образом, для предельно чистого кристалла хлорида серебра и для кристаллов хлорида серебра с добавками кадмия приведен на рис. 5 в сравнении с упрощенной идеализированной кривой электропроводности одновалентного ионного кристалла с добавкой двухвалентной катионной примеси. Изгиб на идеальной кривой делит ее на высокотемпературную часть собственной проводимости и на низкотемпературную часть примесной проводимости. В зоне I электропроводность определяется собственными дефектами, в то время как в зоне II она вызвана активной проводимостью, обусловленной движением катионных вакансий, созданных двухвалентной примесью. В зоне III изгиб вниз вызван уменьшением количества этих вакансий из-за

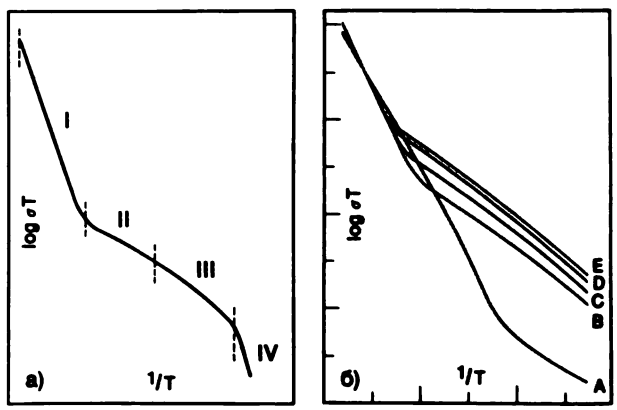


Рис. 5. Идеализированная кривая электропроводности для одновалентного ионного кристалла с добавкой двухвалентной катионной примеси *а*;
б **— кривые электропроводности для пяти кристаллов хлорида серебра:**
A **— чистый кристалл,** *B*, *C*, *D* **и** *E* **— кристаллы, в которые добавлены возрастающие концентрации примеси кадмия**

образования комплексов; в зоне IV происходит локализация примесных дефектов.

Те же самые особенности ясно видны на экспериментальных кривых, хотя номинально чистый кристалл А, содержащий примесь в количестве только одной части на миллион, обладает очень незначительной несобственной проводимостью. Кристаллы B, C, D и E имели содержание кадмия соответственно 60, 150, 370 и 480 частей на миллион, и переход от собственной проводимости (которая существенно одинакова для всех кристаллов) к несобственной проводимости происходит у них последовательно при более высо-

ких температурах. Образование ассоциированных пар вакансия — примесь также ясно видно в образцах, содержащих примесь, но никакой их локализации не происходит.

Тщательные измерения показали, что кривые электропроводности имеют изгиб даже в очень узких интервалах температур, и для интерпретации результатов и получения точных значений параметров дефектов необходимо проводить нелинейный анализ таких кривых методом наименьших квадратов с помощью вычислительных машин. Сам метод требует тщательности исполнения, а также проверки на совместимость данных для чистых кристаллов и кристаллов с примесями. В случае успеха этот метод дает полный набор термодинамических характеристик процессов образования, миграции и взаимодействия дефектов для исследуемой системы.

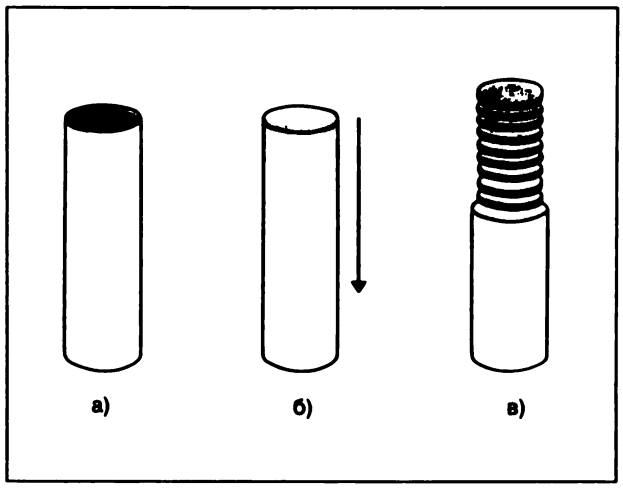


Рис. 6. Метод сечений, используемый для определения коэффициента самодиффузии меченого атома. Радиоактивное вещество наносят на поверхность кристалла в виде тонкого слоя *(а)*; после отжига и проникновения радиоактивных ионов в объем *(б)* образец нарезают на тонкие слои *(в)* и определяют их радиоактивность, которая пропорциональна концентрации радиоактивных ионов, продиффундировавших в объем

Диффузия

Ионы могут перемещаться через ионные твердые тела. Этот процесс, называемый диффузией, характеризуется коэффициентом диффузии D, который связывает поток ионов J с градиентом их концентрации dn / dx следующей зависимостью: $J = D\, dn / dx$. Есть много возможных путей как для самодиффузии (перемешивания) ионов, образующих кристалл, так и для диффузии примесей, имеющих такую же или иную валентность, через основную решетку. Коэффициент диффузии можно определить с помощью радиоактивного меченого иона, аналогичного одному из основных ионов. Образец разрезают или сошлифовывают после того, как произошла диффузия (рис. 6). Образец должен быть геометрически правильной формы, обычно в виде цилиндра. Тонкий слой радиоактивного вещества наносят на одну поверхность, и после отжига в течение определенного времени при достаточно высокой температуре образец охлаждают и разрезают. Концентрацию радиоактивного иона в каждом срезе определяют затем с помощью счетчика. Из распределения концентрации радиоактивного иона в направлении, перпендикулярном нанесенному слою, рассчитывают коэффициент диффузии меченого иона. Альтернативный способ заключается в обмене радиоактивными атомами между кристаллом и окружающим газом, например, между хлористым водородом, в котором хлор радиоактивен, и кристаллом NaCl. Газ непрерывно прокачивают и контролируют его радиоактивность, по изменению которой можно установить коэффициент диффузии радиоактивных частиц в кристалл.

Миграция ионов определяет как ионную проводимость, так и самодиффузию. Значения коэффициентов ионной электропроводности и самодиффузии связаны между собой. Поэтому можно рассчитать коэффициент самодиффузии из данных электропроводности. Однако оказалось, что рассчитанный коэффициент диффузии отличался от коэффициента диффузии, измеренного с помощью радиоактивных меток. Причина такого различия объясняется тем, что в процессе электропроводности ион движется в направлении переноса заряда. А радиоактивный ион в процессе диффузии перемещается путем обмена мест с вакансией, и наиболее вероятно после первого скачка возвращение иона в ту же самую вакансию. Для того чтобы ион двигался в направлении уменьшения его концентрации в кристалле, вакансия должна мигрировать вокруг него, чтобы снова оказаться впереди иона, либо спереди должна подойти другая вакансия.

Указанные корреляционные эффекты зависят как от структуры решетки, так и от механизма, посредством которого происходит скачок иона. Можно теоретически оценить корреляционный фактор для любого сочетания типа решетки и механизма миграции. Затем путем согласования экспериментально измеряемого корреляционного фактора (т. е. отношения коэффициента самодиффузии меченого иона к коэффициенту самодиффузии, рассчитанному из измерений электропроводности) с теоретическими его значениями для определенного типа решетки конкретного кристалла можно определить атомный механизм перемещения иона. Таким образом установлено, что для хлорида серебра с двухвалентной примесью верхняя часть участка кривой, соответствующего примесной проводимости (зона II на рис. 5) обусловлена миграцией катионных вакансий, в то время как на участке собственной

проводимости (зона I) ионы серебра перемещаются при совместном действии механизма миграции вакансий и двух других механизмов с участием междоузельных ионов серебра.

Следовательно, совместное измерение самодиффузии и ионной проводимости дает нам возможность точно определить механизм перемещения ионов через кристалл. Эта информация, в свою очередь, существенна для выработки модели, используемой в анализе с помощью ЭВМ данных по электропроводности. Конечным результатом такого изучения являются термодинамические параметры процессов образования дефектов, данные о механизмах их миграции и о взаимодействии дефектов с образованием более сложных комплексов.

Моделирование точечных дефектов с помощью ЭВМ

Наиболее интересные данные в исследованиях точечных дефектов за последнее десятилетие удалось получить в результате широкого применения методов атомного моделирования с помощью ЭВМ. Прогресс в данной области в некоторой степени обусловлен созданием достаточно больших ЭВМ, но в особенности разработкой эффективных программ, осуществляющих необходимые процессы суммирования и минимизации. Самая известная и удачная — программа HADES, она разработана М. Норгеттом.

Для проведения расчетов задают тип решетки и первоначальную конфигурацию дефекта, затем в кристалле выделяют две зоны. Первая (зона I) — это область непосредственного окружения дефекта. Поскольку эффекты возмущения решетки сильнее всего выражены именно здесь, то взаимодействие между ионами в этой зоне рассчитывают достаточно точно. Силы взаимодействия ионов определяются потенциалом, выраженным в аналитической форме. В остальной части кристалла (зона II) расчет ведут приближенными методами.

ЭВМ по программе определяет энергию решетки до образования дефекта и после его возникновения. Экспериментально показано, что получить надежные результаты можно, если точно учесть взаимодействие примерно 100 ионов в зоне I. Достоверность рассчитанных энергий дефектов полностью зависит от потенциалов решетки, используемых для описания межионных сил. Кристалл считают целиком ионным. Учет ионной поляризации имеет решающее значение для правильного вычисления реакции ионов на присутствие заряженных дефектов.

Поляризацию можно моделировать с помощью оболочечной модели, которая изображена на рис. 7. Здесь каждый ион состоит из заряженного ядра, упруго связанного с невесомой оболочкой. Несмотря на свою простоту потенциалы оболочечной модели могут точно описывать диэлектрические свойства ионных кристаллов. Когда рассчитывают форму потенциала, описывающего взаимодействие ионов, остается определить входящие в него параметры. Это можно сделать чисто эмпирический, если параметры подгоняют методом последовательного приближения, с тем чтобы как можно точнее воспроизвести известные макроскопические свойства кристалла, такие, как энергия решетки, а также его диэлектрические и упругие постоянные. Чаще всего такую апроксимацию используют на последней стадии расчета, причем параметры близкодействующего потенциала сначала рассчитывают неэмпирическими способами, применяя приближение электронного газа к отдельным ионам.

С помощью этих методов можно рассчитать изменения энергии, сопровождающие образование, миграцию и взаимодействие точечных дефектов. Например, если сложить сведенную до минимума энергию решетки хлорида серебра, содержащей катионную вакансию, с энергией той же самой решетки, но с междоузельным атомом серебра, то мы получим энергию образования катионного дефекта Френкеля. Аналогично путем вычитания энергии решетки хлорида серебра, содержащей катионную вакансию, из энергии решетки с двумя катионными вакансиями в противоположных углах грани элементарной ячейки и с катионом в центре грани (т. е. вычитанием энергии состояния, соответствующего экстремальному положению, показанному на рис. 4б) можно вычислить энергию активации для перемещения катионной вакансии. Очень важно установить достоверность расчетов при сравнении их с хорошо проверенными экспериментальными данными. После этого такие расчеты можно распространить на другие системы и другие типы дефектов, для которых трудно или невозможно получить достоверные экспериментальные результаты. В последние годы расчеты дефектов внесли значительный вклад в изучение различных процессов, таких, как агрегация и возникновение дальнего порядка в сильнодефектных окислах, а также определение структуры дефектов и механизмов их миграции в суперионной высокотемпературной фазе флюоритов.

Недавно была показана возможность количественного определения температурной зависимости энергии образования дефектов. Вопрос установления природы сильно выраженного изгиба кривых электропроводности в зонах собственной проводимости даже для таких простых веществ, как хлористый натрий или калий, постоянно обсуждался с момента обнаружения примерно в течение двадцати лет. Отчасти изгиб кривых обусловлен взаимодействием дефектов, а частично его связывали с тем, что как анионные, так и катионные вакансии дефектов Шоттки вносят

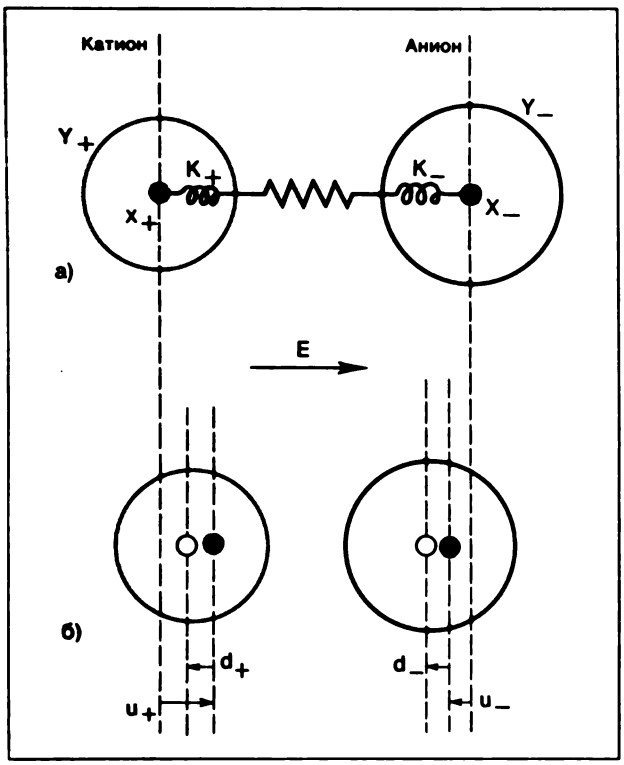


Рис. 7. Оболочечная модель, используемая для описания диэлектрических свойств ионных кристаллов:
а **— неполяризованное состояние, в котором центры оболочек и ядер совпадают. Эффективными зарядами ядер и оболочек являются** X_+, X_- **и** Y_+, Y_- **соответственно;** f **— силовая константа отталкивания оболочек,** K_+, K_- **— силовые константы сил упругости, удерживающих ядра в центре своих оболочек;**
б **— под действием поляризующего поля** E **ядра смещены на расстояния** U_+, U_-, **а оболочки смещены на расстояния** d_+, d_- **по отношению к своим ядрам**

вклад в электропроводность, и при этом энергия активации анионной вакансии значительно больше энергии активации, требующейся катиону. Однако все недавние вычисления, а также последние эксперименты, сочетающие измерения диффузии и ионной электропроводности, указывают на то, что эти энергии активации почти равны. Следовательно, более вероятно объяснение изгиба кривой тем, что свободная энергия образования дефекта, которую измеряют в интервале нескольких сотен градусов, уменьшается при повышении температуры быстрее, чем это можно было бы ожидать.

Однако вследствие того что в высокотемпературной области (где изгиб выражен сильнее), как правило, процессы слишком усложнены, весьма маловероятно, что из анализа данных по электропроводности можно правильно установить температурную зависимость энергии образования дефектов. К счастью, в настоящее время достаточно высока точность вычисления энергии дефектов, так что рассчитать их зависимость от температуры по крайней мере для наиболее простых веществ вполне возможно. Это выполняют в квазигармоническом приближении, в котором используют потенциал решетки, соответствующий °K, но с зависимым от температуры параметром решетки. Важно отметить, что энергии рассчитываются при постоянстве объема, в то время как экспериментальные значения получают при постоянном давлении. Недавно нам удалось получить термодинамические соотношения, связывающие эти величины для точечных дефектов. Несмотря на то что к настоящему времени данные по электропроводности количественно объяснены с помощью зависимой от температуры энергии образования дефекта только для одного вещества — хлорида серебра, где этот эффект особенно ярко выражен, тем не менее это весьма вдохновляющий результат.

Процессы агрегации

Механизмы объединения точечных дефектов с образованием, например, диполярных ассоциированных пар представляют значительный интерес, поскольку последующая агрегация таких диполей может непосредственно привести в выделению новой фазы. Мы уже описали некоторые парные дефекты, которые могут образоваться в ионных кристаллах (рис. 3), теперь же обратим внимание на важные возможности изучения комплексов из двухвалентной примеси и вакансии в кристаллической структуре каменной соли. Сначала рассмотрим один из экспериментальных методов, а именно измерение тока термической деполяризации, с помощью которого исследуют переориентацию таких комплексов. Затем наглядно покажем, как модельные расчеты с помощью ЭВМ, подобные описанным в предыдущем разделе, могут помочь в исследовании процесса дипольной агрегации, особенно в случаях, когда невозможно установить структуру дефектов физическими методами, такими, как рентгеноструктурный анализ.

Кроме косвенного доказательства образования комплексов, что подтверждает изогнутый вниз участок несобственной проводимости кривой электропроводности (см. рис. 5), существование диполей вакансия — примесь можно установить по результатам измерений диэлектрических потерь и внутреннего трения. В случае парамагнитных ионов тип образующегося комплекса можно обнаружить по спектру электронного парамагнитного резонанса. Другим тонким методом, позволяющим изучать переориентацию диполей, является измерение токов термической деполяризации. Для ориентации диполей кристалл при температуре, когда диполи достаточно мобильны, помещают в электрическое поле

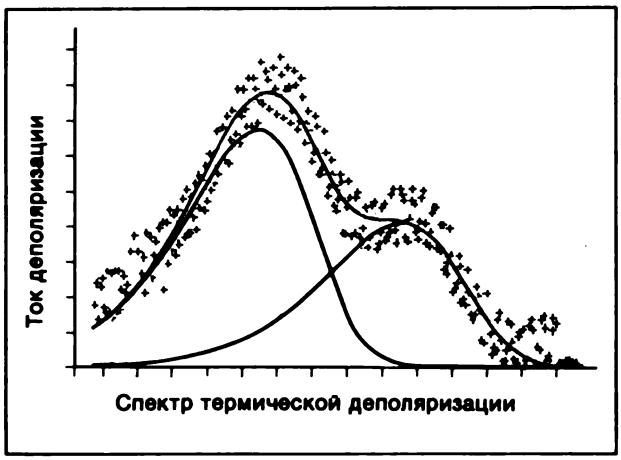


Рис. 8. Кривая термической деполяризации для кристалла бромида серебра с добавкой кадмия. Экспериментальные точки обозначены крестиками +, а кривая, полученная усреднением этих результатов на ЭВМ, показана красной линией. Ее можно представить как результат суммирования двух перекрывающихся пиков (зеленая и синяя кривые)

напряженностью несколько тысяч вольт на сантиметр. Затем кристалл, находящийся под действием поля, охлаждают до температуры, при которой замораживаются любые перемещения диполей. После выключения поля образец нагревают с постоянной скоростью, составляющей несколько градусов в минуту, и измеряют ток деполяризации, возникновение которого связано с тем, что диполи снова приобретают случайные ориентации. Температурная зависимость тока деполяризации для бромида серебра с добавкой кадмия показана на рис. 8. Экспериментальные данные непосредственно анализировались на ЭВМ, что позволило выделить два перекрывающихся пика, каждый из которых характеризуется своим энергетическим барьером процесса деполяризации.

Наличие двух пиков в спектре термической деполяризации на рис. 8 можно приписать двум типам пар примесь — вакансия: локализованных в ближайших соседних узлах и локализованных в последующих ближайших соседних узлах. Отличить эти две возможности удалось с помощью машинного моделирования. Если для кристалла известен потенциал решетки, то это позволяет вычислить энергии собственных дефектов, а затем эти вычисления можно использовать для выяснения взаимодействия примесных ионов, имеющих другую валентность, с каждым близкорасположенным основным ионом. Проведенные нами расчеты для обычных щелочно-галоидных кристаллов с примесями ряда щелочно-земельных катионов обнаружили зависимость энергии взаимодействия комплексов от радиуса примесного иона. Результаты оказались в согласии с экспериментальными данными, они показали, что поло-

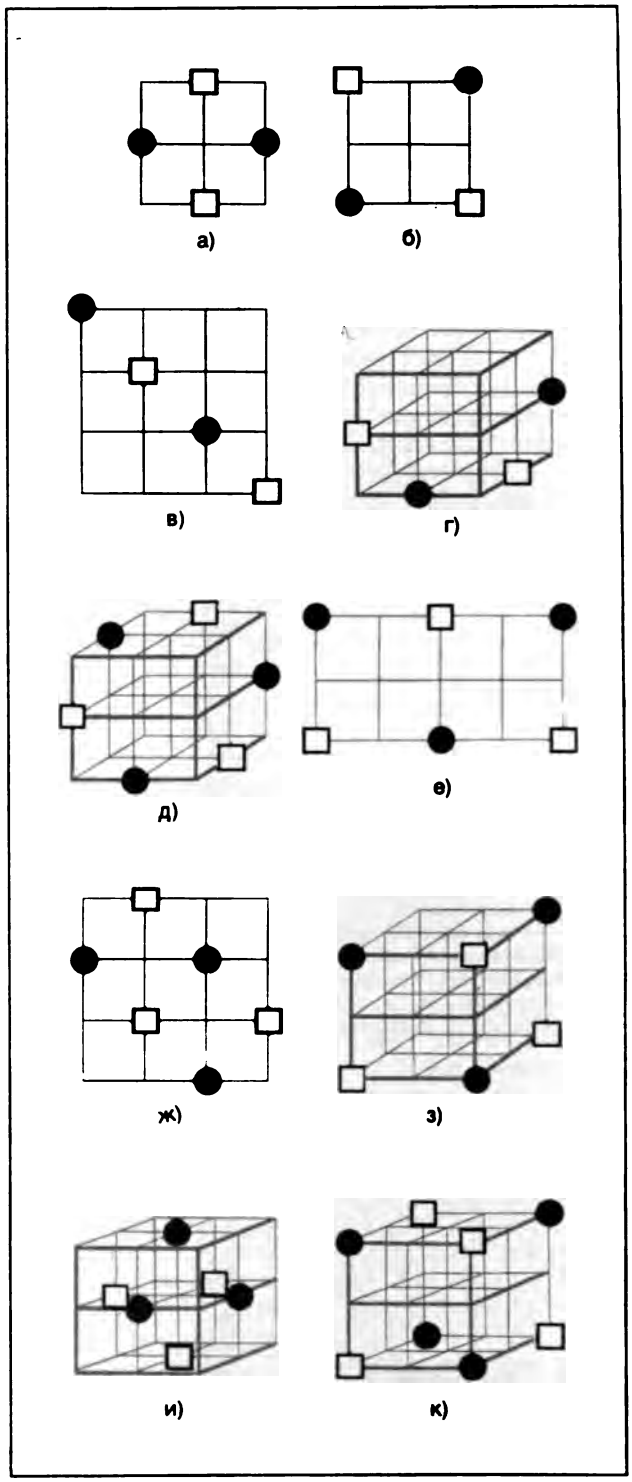


Рис. 9. Структура четырех димеров, пяти тримеров и одного тетрамера, энергии которых были рассчитаны, чтобы определить возможные способы агрегации диполей примесь — вакансия в ближайших соседних узлах и диполей примесь — вакансия в более удаленных узлах кристаллической решетки. Нормальные ионы решетки не показаны; черный кружок — двухвалентная катионная примесь, а черный квадрат — катионная вакансия

жение более сложно, чем это можно было предсказать на основании только кулоновских представлений. Энергия связи ближайших соседних комплексов возрастает с увеличением радиуса примесного иона, в то время как энергия взаимодействия с более удаленными комплексами несколько меньше и имеет другой знак. Такие особенности объясняются механизмом релаксации дефекта и окружающей решетки. С этим связано то, что ионы бария в хлориде натрия образуют в основном комплексы из ближайших соседей, в то время как ионы магния в бромиде калия объединяются с вакансиями, расположенными в несколько более удаленных узлах.

В последнее время моделирование с помощью ЭВМ нами было распространено на изучение энергетики объединения таких диполей. Ряд димерных и тримерных образований и один тетрамер, которые возникли либо из ближайших соседних диполей, либо из диполей в более удаленных узлах, показаны на рис. 9. Были рассчитаны энергии каждого из указанных скоплений от *а* до *к*, а также определены энергии диполей, из которых они образовались, с тем чтобы установить изменение энергии, связанное с каждым возможным способом агрегации. Вероятно, самым интересным было то, что склонность системы к возникновению определенного типа дипольных скоплений (например, расположение диполей на ближайших расстояниях) становится сильнее выраженной по мере того, как диполи образуют более крупные скопления. В системах, построенных из близко расположенных диполей, наиболее выгодный способ агрегации заключается в превращении димера *г* в тример *д*. Этот результат согласуется с данными кинетики уменьшения концентрации диполей. Тример *е* оказался наиболее стабильным, поскольку расчеты показывают, что добавление последующих диполей не увеличивает стабильность.

Для систем с диполями в соседних узлах энергетически наиболее выгодный способ укрупнения заключается в превращении димера *б* в тример *з*, а затем в тетрамер *к*. Этот тетрамер естественный предшественник сверхструктуры Судзуки, которую обнаруживают дифракцией рентгеновских лучей; в ней катионы структуры каменной соли заменены чередующимися двухвалентными ионами и катионными вакансиями. В программу компьютера была введена задача сведения к минимуму энергии путем релаксации всех ионов в структуре. Было показано, что фаза Судзуки с точки зрения ее энергии является дальнейшим развитием тетрамера *к*. Эти результаты находятся в согласии с экспериментом, поскольку фазы Судзуки встречаются только в случае маленьких примесных ионов, а именно с ними, как показывают расчеты, преимущественно образуются диполи в ближайших узлах, которые затем обязательно агрегируют указанным способом. Подробная микроскопическая информация, вытекающая из расчетов по программе анализа релаксации расположения ионов в скоплениях и в фазе Судзуки, представляет собой уникальное проникновение в суть этих явлений и позволяет нам понять причины их образования и стабильности.

* * *

Мы рассмотрели довольно простые точечные дефекты в ионных кристаллах и описали только некоторые из множества способов, используемых для изучения их структуры и влияния на свойства кристаллов. Понятно, что эти исследования не только требуют комплексного применения ряда прецизионных методик, но их возможно проводить только на достаточно изученных материалах. Поразительны достижения в этой области, обусловленные использованием вычислительных машин. Без их применения даже из самых точных экспериментов было бы невозможно извлечь ту детальную информацию, которой мы теперь располагаем. Тем не менее о вкладе, который внесли в данную область методы моделирования с помощью ЭВМ, мы смогли дать здесь только начальное представление. Полученные данные очень важны для познания нового и важного класса твердых тел, известных под названием «суперионных проводников». В этих материалах ионы могут чрезвычайно легко двигаться либо вследствие того, что они очень подвижны, либо потому, что для их перемещения имеется очень много эквивалентных узлов, или же в идеальном случае проявляются обе эти особенности. Процесс миграции во многих из этих веществ определяется тем, что эти материалы сильнодефектны и уже содержат избыток узлов, по которым могут легко перемещаться подвижные частицы. В последнее десятилетие выяснилась возможность применения суперионных проводников в разрабатываемых альтернативных источниках энергии и в ряде систем регулирования.

СТО ЛЕТ НАЗАД

ФРАНЦИЯ. Механик Перар устроил поистине замечательный инструмент. При помощи его можно миллиметр, то есть длину, которую трудно рассмотреть при слабом зрении, разделить на 1500 частей. Инструмент этот специально предназначается для естествоиспытателей и медиков, которым часто приходится измерять микроскопические предметы.

«Нива»

Платон Григорьевич КОСТЮК (р. 1924) — нейрофизиолог, доктор биологических наук, профессор, академик АН СССР и АН УССР, лауреат Государственной премии УССР.

В 1946 окончил биофак Киевского госуниверситета, в 1949 — Киевский мединститут. В 1949 защитил кандидатскую, в 1956 — докторскую диссертации. С 1956 — профессор кафедры Киевского госуниверситета, с 1958 — руководитель Отдела общей физиологии нервной системы Института физиологии имени А. А. Богомольца АН УССР. С 1966 — директор этого же института и с 1975 — академик-секретарь Отделения физиологии АН СССР.

Внес большой вклад в развитие нейрофизиологии и биофизики нервной клетки. Им созданы оригинальное научное направление и научная школа, получившая широкую известность не только в СССР, но и за рубежом. Он — ведущий специалист в области молекулярных механизмов функционирования возбудимых мембран, передачи возбуждения и торможения в мозге, клеточных механизмов интегративной деятельности нервной системы. Под руководством П. Г. Костюка разработана основная электрофизиологическая аппаратура, которая сейчас широко используется во всех физиологических учреждениях нашей страны и за рубежом. Он автор более 250 научных работ, в том числе 5 монографий.

Работы П. Г. Костюка отмечались премиями имени И. П. Павлова и И. М. Сеченова АН СССР, Государственной премией УССР в области науки и техники.

П. Г. Костюк является председателем Украинского общества физиологов, членов Центрального совета Всесоюзного общества физиологов имени И. П. Павлова, членом германской академии естествоиспытателей «Леопольдина», почетным членом Чехословацкого физиологического и Румынского биологического общества, вице-президентом двух международных ассоциаций — Международного союза теоретической и прикладной биофизики и Международного союза по изучению мозга (ИБРО), председателем Советского национального комитета ИБРО и редактором международного журнала «Neuroscience». Возглавляет также всесоюзный журнал «Нейрофизиология».

П. Г. Костюк — депутат Верховного Совета УССР, награжден орденом Ленина и двумя орденами Трудового Красного Знамени.

ПЛАТОН ГРИГОРЬЕВИЧ КОСТЮК

Работа нервных клеток: механизмы электрической возбудимости

Прогресс в изучении разнообразных, в данном случае нервных, функций организма животных и человека в нашей время немыслим без исследований на клеточном уровне.

Подобные обширные исследования, проведенные за последние десятилетия, прочно установили ряд фундаментальных положений прежде всего относительно механизмов активных реакций возбудимых клеток, лежащих в основе их взаимоотношений с внеклеточной средой и другими клетками организма. Эти положения могут быть сформулированы следующим образом:

1. Покрывающая клетку особая липидно-белковая пленка, оболочка (поверхностная мембрана) определяет поступление в клетку и из клетки органических и неорганических веществ, находящихся в основном в электрически заряженной, ионизированной форме. Содержание ионов внутри клетки, несмотря на отсутствие существенного химического связывания большинства из них в цитоплазме, отличается от такового во внеклеточной среде.

На поддержание такого неравновесного распределения расходуется значительная часть энергии, которая освобождается в результате клеточного метаболизма; эта энергия приводит в действие особые энзиматические «насосы», выкачивающие из клетки одни ионы (в основном натрия и кальция) и накачивающие в нее другие (в основном калия).

2. Основной смысл неравномерного распределения ионов по обе стороны поверхностной мембраны заключается в том, что в условиях сравнительно низкой ионной проницаемости мембраны оно создает для клетки значительный запас потенциальной энергии в виде так называемых трансмембранных электрохимических градиентов. Клетка непрерывно поддерживает этот запас на протяжении всей своей жизни и использует его для создания очень простого и высокоэффективного механизма генерации различных форм клеточной активности. Для этого необходимо лишь открыть путь для движения через мембрану таких ионов, которые в покое проходят через нее плохо. Существующий электрохимический градиент сразу же вызовет поток ионов и создаст тем самым трансмембранный ионный ток, необходимый для обеспечения различных активных клеточных процессов.

3. В итоге основными факторами в генерации всех форм активности клетки оказываются два тесно связанных друг с другом процесса: первый — возникающая под влиянием внешнего воздействия определенная молекулярная перестройка в липидно-белковых структурах, образующих поверхностную мембрану, и второй — вызванное этой перестройкой движение ионов через мембрану.

Природа молекулярных перестроек в структуре живой мембраны — наиболее сложный вопрос в этой проблеме, который до последнего времени решался в основном теоретически. Теперь стало возможным точное измерение трансмембранных ионных токов на многих живых образованиях в связи с широким внедрением в клеточную физиологию новейших физико-химических методов. Такое измерение позволяет получать самые подробные характеристики путей, по которым происходит движение ионов в мембране, выяснять специфическую роль соответствующих ионных токов и на этой основе строить обоснованные предположения относительно самых интимных сторон жизненных процессов.

Измерение трансмембранных ионных токов в нервной клетке

Нервные клетки (нейроны) представляют особый интерес с точки зрения выяснения механизмов указанных мембранных процессов, так как деятельность нейронов определяет все основные функции животного и человеческого организма.

Проведение точных физико-химических измерений на нейрональной поверхностной мембране

требует, однако, создания ряда условий, обеспечивающих полный контроль ионных процессов как на ее наружной, так и внутренней поверхности.

В этом отношении исключительно удобным объектом для изучения основного процесса нервной деятельности — нервного импульса — явились гигантские нервные волокна головоногих моллюсков (кальмаров и каракатиц), у которых оказалось возможным произвольно замещать протоплазму на солевую среду желаемого состава, сохраняя основные функциональные свойства поверхностной мембраны. Именно на этом объекте английским исследователем А. Ходжкиным (Hodgkin) с сотрудниками было показано, что основа нервного импульса — последовательность кратковременных трансмембранных токов ионов натрия и калия, которые обеспечиваются специализированными молекулярными структурами мембраны («ионными каналами»), раздельно встроенными в поверхностную мембрану; они способны открывать путь для движения ионов при изменении проходящего через мембрану электрического поля.

Вместе с тем были получены данные, что в более сложной структурной части нервной клетки — в ее теле (соме) механизм генерации импульса существенно усложняется.

Понимание природы возбудимости сомы нервной клетки особенно важно, так как именно здесь развиваются сложные процессы нервной интеграции, но точное ее изучение затруднялось отсутствием методических возможностей для соответствующего контроля функции поверхностной мембраны. Поэтому в отделе общей физиологии Института физиологии имени А. А. Богомольца АН УССР были осуществлены специальные методические разработки, позволяющие контролировать наружную и внутреннюю стороны клеточной мембраны и точно, как в изолированном нервном волокне, измерять возникающие в ней ионные токи.

Эта методика, подробно описанная в работах сотрудников института О. А. Крышталя, В. И. Пидопличко (1975 г.) и П. Г. Костюка с соавторами (1975 г.), в основных чертах заключается в следующем.

Изучаемые нервные клетки (как беспозвоночных, так и позвоночных животных, в том числе млекопитающих) изолируются из соответствующей ткани так, чтобы они достаточно долго сохраняли возбудимость в искусственной солевой среде. Примеры таких изолированных клеток можно видеть на рис. 1.

Изоляция клетки необходима для того, чтобы обеспечить возможность контроля наружной поверхности клеточной мембраны, так как в естественном положении в мозговой ткани доступ к ней затруднен различными барьерами (так называемыми глиальными клетками, межклеточным *веществом).*

Для контроля внутриклеточной среды изолированные клетки перфузируются (промываются растворами) по принципу, схематически изображенному на рис. 2. Клетка втягивается в микроскопическую коническую пору, просверленную в тонкой пластиковой мембране, и часть поверхностной мембраны, втянутая в пору, разрывается. Разорванные части мембраны приклеиваются к стенкам поры, что предотвращает самопроизвольное залипание места разрыва. Таким образом, создается постоянное отверстие, через которое можно подавать в клетку раствор желаемого состава. Оказалось, что через отверстие диаметром в несколько микрометров можно очень быстро (в течение нескольких десятков секунд) заместить ионы, обычно находящиеся внутри клетки, на ионы солевого раствора. Замещение может производиться на одной и той же клетке много раз. Одновременно постоянное отверстие в клеточной мембране облегчает отведение от ее внутренней стороны электрических потенциалов, а также пропускание через мембрану электрического тока и измерение (с помощью методики фиксации напряжения на мембране) протекающих через нее ионных токов. Для этого соответствующие электроды достаточно соединить с растворами в экспериментальных камерах.

Принципиальные особенности мембранных процессов в соме нервной клетки

Применение данной методики для исследования нервных клеток различного типа показало большую ее эффективность и позволило детально проанализировать ионные механизмы возбудимости их поверхностных мембран*.

Эти исследования выявили, что механизм процесса возбуждения в теле (соме) нервной клетки имеет ряд сходных черт с таковыми у нервного волокна. Основу механизма составляют входящие в клетку натриевые и выходящие из клетки калиевые токи, направляемые соответствующими электрохимическими градиентами. Однако в отличие от нервного волокна при возбуждении мембраны тела нервной клетки еще развивается значительный входящий ток ионов кальция. Движущая сила его — соответствующий концентрационный градиент этих ионов, который оказывается даже более значительным, чем градиент ионов калия или натрия, так как содержание

* Об использовании метода академика П. Г. Костюка для исследования биоэлектрических параметров сердечной клетки сотрудниками Всесоюзного кардиологического научного центра АМН СССР см. в статье академика Е. И. Чазова «Врач в век научно-технического прогресса и успехов молекулярной биологии» в ежегоднике «Наука и человечество. 1982». — *Ред.*

Рис. 1. Живые изолированные нервные клетки из центральной нервной системы улитки, помещенные в специальную солевую среду

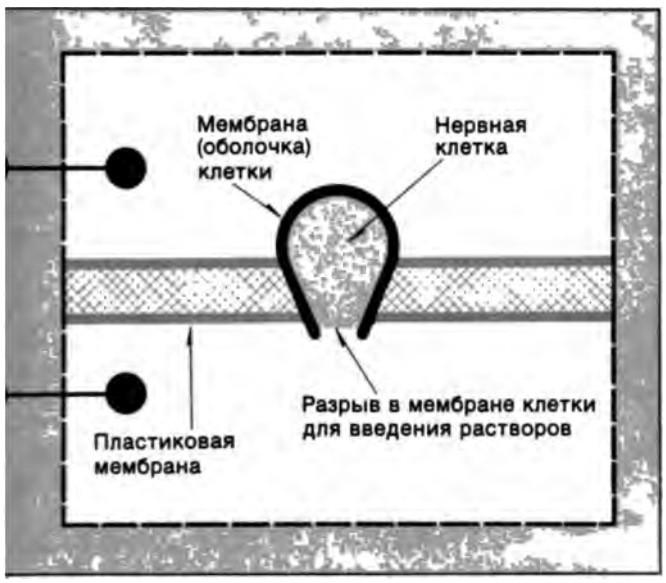


Рис. 2. Принцип внутриклеточной перфузии (промывания растворами) изолированной нервной клетки, помещенной в микроскопическую коническую пору

свободных ионов кальция внутри клетки исключительно низкое (порядка 10^{-8} М).

Кальциевый входящий ток развивается во времени иначе, чем натриевый, и отличается от последнего также по ряду других характеристик. Это свидетельствует о том, что он создается какими-то специальными мембранными механизмами, действующими независимо от механизмов, создающих натриевые и калиевые токи.

Значение такой особенности возбуждения нервной клетки можно понять, рассмотрев ее основные функции.

В нервной клетке происходят важные процессы, необходимые для нормального функционирования всех ее частей: образование высокоэнергетических соединений, синтез специфических белков и других веществ, служащих для поддержания структуры отходящих от тела клетки отростков и их окончаний. Образованные продукты с помощью медленного тока нейроплазмы переносятся из тела клетки в отростки и окончания, где они затем используются, в частности, для синтеза химических веществ — медиаторов (см. ниже). Объем доставляемых веществ должен соответствовать степени активности клетки; при усиленном ее возбуждении потребность в таких веществах будет возрастать, и, следовательно, должен существовать механизм, сопрягающий ионные процессы на поверхностной мембране и процессы внутри клетки.

Действительно, специальные исследования показали, что при наличии кальциевых токов в теле нервной клетки транспорт веществ из ее тела по отросткам происходит в бо́льшем объеме; при устранении же этих токов он резко сокращается. Существует и ряд других цитоплазматических процессов, зависимость интенсивности протекания которых от поступления ионов кальция внутрь клетки установлена достаточно убедительно.

Все эти наблюдения ясно показали, что тонкий анализ мембранных механизмов, ответственных за возникновение в теле нервной клетки при возбуждении специфических кальциевых токов, имел бы очень большое значение для познания глубинных нервных процессов. Поэтому на протяжении ряда последних лет усилия отдела общей физиологии института были сосредоточены именно на вопросе о том, каковы те молекулярные перестройки в клеточной мембране, которые обеспечивают развитие этих токов.

Выявление кальциевых ионных каналов

Предварительные данные, полученные нами, свидетельствовали о том, что кальциевые токи создаются особыми специфическими микроучастками мембраны, приспособленными для селективного (избирательного) пропускания только этих ионов и обладающими определенными молекулярными устройствами, позволяющими управлять соответствующим ионным потоком.

Для решения этого вопроса приведенный выше методический подход был модифицирован таким образом, чтобы обеспечить отведение ионных токов от очень маленького участка клеточной мембраны. Если действительно суммарный ионный ток создается одновременной деятельностью большого количества отдельных молекулярных структур (ионных каналов), то при регистрации ионных токов от очень небольшого участка

поверхности в их создании будет участвовать немного таких каналов, и вместо непрерывного тока должны регистрироваться скачкообразные его колебания (флуктуации), связанные с вероятностным включением (или выключением) отдельных ионных каналов.

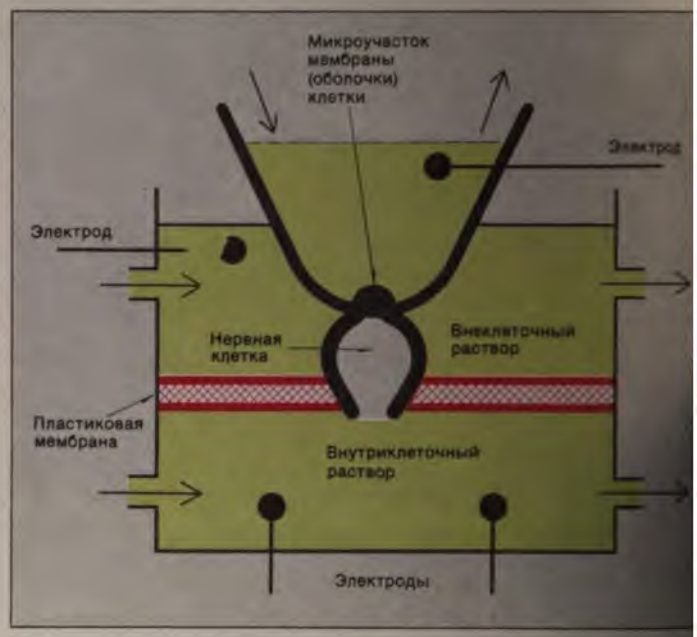
На рис. 3 представлен принцип, по которому было осуществлено такое отведение. Суть его заключается в том, что микроучасток мембраны осторожно втягивается в отверстие микропипетки, которая служит отводящим электродом. Края пипетки изолируют отводимую часть мембраны от остальной ее части, что дает возможность измерять токи изучаемого микроучастка. Конечно, уменьшение площади отведения приводит к резкому уменьшению величины отводимых токов. Поэтому одновременно необходимо было решить проблему регистрации сверхслабых электрических колебаний, использовав для этого технику их накопления на ЭВМ.

Записи измерений ионных токов от микроучастков мембраны нервной клетки были подвергнуты статистической обработке по принципам, которые были разработаны ранее для анализа электрических шумов в технике. В результате была измерена величина тока, который пропускает одиночный кальциевый канал, и на основании этого рассчитана плотность расположения таких каналов в мембране. Оказалось, что один канал пропускает ток всего около 0,2 пкА, а плотность расположения каналов составляет несколько сотен на 1 мкм². Для сравнения следует учесть, что количество фосфолипидных молекул, образующих основу клеточной мембраны, составляет на той же площади (1 мкм²) несколько сотен тысяч. Несмотря на столь незначительное количество ионных каналов и малую величину тока, создаваемого каждым из них, совместной их активности оказывается достаточно для выполнения соответствующей клеточной функции.

Как происходит управление кальциевыми каналами?

Получение количественных характеристик кальциевых каналов послужило основой для попыток дальнейшего проникновения в молекулярные механизмы их функционирования.

Один из основных вопросов здесь — определение того, каким образом ионный канал может реагировать на внешнее раздражение. Поскольку появление трансмембранного ионного тока возможно только при электрическом раздражении клетки, т. е. при изменении проходящего через ее мембрану электрического поля, то у каналов должен быть какой-то способ воспринимать это изменение и в зависимости от него открывать *(или* закрывать) движение ионов.



Поиск механизма, способного реагировать на изменение трансмембранного электрического поля, начался с логических предположений о его возможных особенностях. Так как «чувствовать» изменение электрического поля может только электрический заряд, помещенный в это поле, то, как предположил А. Ходжкин, в молекулярном комплексе, образующем электроуправляемый ионный канал, должна существовать заряженная подвижная группировка, способная под влиянием электрического раздражения смещаться и тем самым либо открывать, либо закрывать путь для движения ионов. Иными словами, она должна служить чем-то наподобие молекулярных «ворот», поворачиваемых электрическим раздражением.

Для экспериментальной проверки такого предположения нужно было блокировать движение ионов внутри канала (путем удаления их из внеклеточной среды либо путем введения в канал специфического блокатора) и затем при помощи очень высокочувствительной измерительной аппаратуры проверить, не происходит ли в мембране перемещение электрических зарядов в момент нанесения электрического раздражения. Если гипотеза молекулярных «ворот» верна, то при достаточном усилении можно будет заметить перемещение заряженных группировок в виде кратковременного тока одинаковой величины, но направленного в противоположные стороны при открывании и при закрывании ионных каналов.

Практическое выполнение такого эксперимента также было проведено с помощью электронно-вычислительной техники; в памяти ЭВМ было накоплено большое количество повторных измерений одного и того же процесса и таким образом выделена закономерная реакция на фоне

Рис. 3. Регистрация токов микроучастка мембраны изолированной нервной клетки: схема принципа слева и микрофото нервной клетки во время такой регистрации

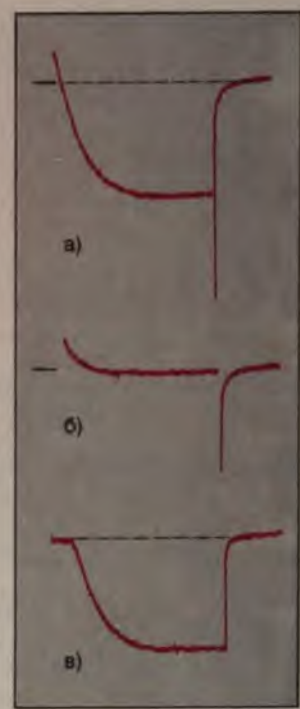


Рис. 4. Способ разделения кальциевого ионного тока и связанного с ним «воротного (при открывании или закрывании ионных каналов) тока» в мембране нервной клетки: *а* — суммарный ток через мембрану; *б* — смещение зарядов в мембране после блокирования ионного тока; *в* — собственно ионный ток (получен путем вычитания записи *б* из *а*). Штриховыми линиями на записи *а* и *в* отмечена продолжительность раздражения нервной клетки

шумов, создаваемых тепловыми движениями молекул, усилительной аппаратурой и пр. Полученные при исследовании кальциевых каналов данные полностью подтвердили высказанное выше предположение: в момент закрывания или открывания этих каналов в мембране действительно наблюдалось очень слабое, но достоверное смещение электрических зарядов (П. Г. Костюк, О. А. Крышталь и В. И. Пидопличко, 1977 г.). Оно развивалось во времени так же, как и изменение ионной проводимости в случае отсутствия блока ионного тока (рис. 4). Количество зарядов, смещаемых в одну и другую стороны при закрывании и открывании ионных каналов, совпадало, что говорит об их смещении именно внутри мембраны. Поэтому оно вполне обоснованно было расценено как движение в кальциевых каналах заряженных группировок, управляющих «воротами» при изменении раздражающего электрического поля. Образно такое смещение было названо «воротным током».

«Воротные токи» — важное проявление молекулярного механизма функционирования электроуправляемых ионных каналов. Очень интересным оказалось, например, решение с их помощью вопроса о том, что такое «инактивация» ионной проводимости поверхностной мембраны.

Дело в том, что при длящемся электрическом раздражении активируемая им ионная проводимость мембраны не сохраняется постоянной; она сама по себе постепенно ослабевает («инактивируется»). Это явление хорошо известно по исследованиям функции натриевых и калиевых каналов и играет важную роль в механизме возбудимости. Именно благодаря ему возбуждение клетки нельзя вызывать с большой частотой, и существует определенный предел частоты раздражения (в свое время известный русский физиолог Н. Е. Введенский назвал его лабильностью), который клетка может воспроизводить в своих ответных реакциях.

Исследование особенностей «воротных токов» кальциевых каналов показало, что инактивация соответствующего ионного тока сопровождается изменением соотношения между количеством зарядов, смещаемых внутри мембраны в прямом и обратном направлении. Если, как говорилось выше, при кратковременном раздражении смещение зарядов в мембране в момент открывания каналов равно их смещению в обратном направлении в момент закрывания, то при дли-

тельном раздражении в обратном направлении смещается заметно меньше зарядов. Чем дольше длится раздражение, тем бо́льшим оказывается это несоответствие. Иначе это явление можно представить так, как будто движение заряженной группировки в ионном канале во время инактивации что-то затрудняет. Она как бы иммобилизуется, и канал теряет способность к активации. Соответствующее изменение потом медленно восстанавливается, и канал вновь приобретает способность к функционированию.

Каким образом ионный канал отбирает «свои» ионы?

Оказалось возможным получить представление и о структуре той части кальциевого канала, которая определяет его специфичность — способность пропускать через себя двухвалентные катионы.

Структуру этого «селективного фильтра» канала определяли таким образом: вместо ионов-носителей тока, которые обычно проходят через канал, в среду вводились ионы, которые отличаются от них по своим свойствам, например, имеют несколько бо́льший или меньший радиус или иную гидратную оболочку. После этого наблюдали, как изменяется пропускаемый ионным каналом ток — он усиливается, если ионы-«заместители» лучше проходят через него, и, наоборот, ослабевает, если они проходят хуже.

Для кальциевых каналов положение оказалось весьма сложным. Было обнаружено, что эти каналы, кроме ионов кальция, пропускают также другие двухвалентные катионы — бария, стронция, однако совершенно не пропускают весьма близкие по размеру одновалентные ионы натрия. Это говорит о том, что проникающие ионы проходят через канал не просто как через механическую пору, а каким-то образом взаимодействуют с его стенкой, которая, вероятно, имеет заряженные фиксированные группировки. Очевидно, взаимодействие заряда иона с этими фиксированными зарядами облегчает прохождение иона через канал. В то же время это взаимодействие не должно быть слишком сильным — иначе ион из проникающего превратится в блокатор.

По измерению зависимости проходящего через каналы тока от концентрации ионов-носителей в окружающем растворе было показано, что такие ионы, как барий, стронций и кальций в какой-то мере связываются группировками канала: при больших увеличениях их концентрации вызванный ими ток перестает нарастать (эффект насыщения). Другие же двухвалентные катионы (марганца, кобальта, никеля, кадмия) уже при небольших концентрациях прекращают ток проникающих ионов в связи с более эффективной конкуренцией за участки связывания.

Сравнение особенностей проникновения ионов различного типа через кальциевые каналы позволяет высказать определенные предположения относительно природы тех химических группировок, которые играют столь значительную роль в поддержании ионной селективности. По-видимому, эти группировки представляют собой карбоксильные остатки, в которых атомы кислорода имеют на себе соответствующие заряды. Если эти заряды нейтрализовать, то каналы сразу же теряют ионную проводимость. Ранее это было показано в опытах на натриевых каналах (работы американского исследователя Б. Хилле — Hille). Такой же эффект был обнаружен нами и в кальциевых каналах.

Кальциевые каналы и обмен циклических нуклеотидов

Применение методики внутриклеточной перфузии позволило обнаружить еще одно важнейшее функциональное свойство кальциевых каналов, существенно отличающее их от ионных каналов иного типа.

Если на протяжении некоторого времени продолжать перфузию нервной клетки солевым раствором, то кальциевые токи в ее мембране начинают быстро ослабевать; в то же время натриевые и калиевые токи длительное время сохраняются без существенных изменений. Вполне естественным явилось предположение, что для нормального функционирования именно кальциевых каналов необходимо присутствие какого-то цитоплазматического внутриклеточного фактора (или факторов), который, вероятно, вымывается из клетки во время перфузии; в то же время функционирование ионных каналов другого типа не связано с наличием такого фактора.

Установление этой особенности кальциевых токов заставило подумать о возможной роли в нормальном функционировании кальциевых каналов системы внутриклеточного обмена циклических нуклеотидов.

Многими исследователями на различных живых тканях, в том числе на нервной, показано, что внутриклеточные превращения циклического аденозинмонофосфата (цАМФ) и других сходных соединений, осуществляемые с помощью специальной системы ферментов, локализованных в клеточной мембране, очень важны для осуществления ряда клеточных функций, в том числе для реакции на некоторые медиаторные и гормональные вещества. Один из путей этого — фосфорилирование мембранных белков. Возникло предположение, что причиной ослабления кальциевых токов во время клеточной перфузии является именно вымывание из клетки этих соединений; кальциевые каналы, ответственные за передачу сигналов от поверхностной мембраны

внутрь клетки, сами, в свою очередь, находятся, возможно, под контролем определенных внутриклеточных процессов.

Экспериментальная провекра действительно показала, что искусственное введение внутрь нервной клетки во время перфузии цАМФ, а также АТФ и ионов магния, необходимых для активации соответствующих ферментных систем, не только прекращает падение кальциевой проводимости, но и в значительной мере ее восстанавливает (Н. С. Веселовский и С. А. Федулова, 1980 г.).

Значение исследований, проводимых на нервных клетках, для решения других проблем физиологии

Полученные к настоящему времени экспериментальные результаты убедительно подтверждают высказанное в начале настоящей статьи представление о том, что механизм специфической кальциевой проводимости в мембране тела нервной клетки имеет существенное значение для выполнения нейроном своей особой функциональной роли.

Установление того факта, что система кальциевых ионных каналов, в свою очередь, находится под контролем внутриклеточных метаболических процессов, открывает новые экспериментальные возможности для подробного изучения механизма сопряжения поверхностных и внутриклеточных процессов в нервной клетке. Вместе с тем подробные сведения относительно молекулярных механизмов кальциевой проводимости нервной клетки создают условия для направленного поиска средств управления этой проводимостью и соответственно направленного вмешательства в ряд важнейших клеточных функций.

При этом очень существенным оказывается то обстоятельство, что поступление ионов кальция через поверхностную мембрану во время возбуждения — важнейшее звено в механизме запуска определенных функциональных отправлений и других клеточных структур. Такими структурами являются, например, нервные окончания (синапсы) и мышечные волокна. У нервных окончаний вход ионов кальция является фактором, ответственным за выделение из них накопленного там особого химического вещества медиатора (передатчика), который в случае попадания на следующую клетку взаимодействует с ее поверхностью и вызывает ее возбуждение или торможение. У мышечных волокон приход ионов кальция во время возбуждения включает механизм укорочения сократительных миофибрилл (волокна сокращаются).

Выделение физиологически активных веществ нервными окончаниями лежит в основе объединения отдельных нервных клеток в единую систему, без чего невозможны были бы передача в мозге сигналов о действующих на организм раздражителях, их обработка, запоминание и приведение в действие исполнительных органов. Сократительная функция мышечных клеток различного типа является основой как внешней двигательной деятельности всего организма, так и работы его внутренних систем — дыхательной, пищеварительной, кровеносной, выделительной. Нарушение этой функции может стать причиной тяжелых функциональных расстройств всех этих систем. Выяснение принципов функционирования тех мембранных структур, которые регулируют поступление ионов кальция внутрь мышечных клеток и нервных окончаний, и в особенности нахождение способов эффективного управления этим процессом имели бы огромное практическое значение, в частности, для ряда разделов медицинской науки.

Однако, к сожалению, получение прямых данных по этому вопросу оказывается затруднительным: так, в связи с особенностями морфологической структуры синаптических окончаний и мышечных волокон (небольшие размеры, сложное устройство) они пока не могут быть подвергнуты такому же точному анализу, как это стало возможным для нервной клетки. Вместе с тем имеющиеся к настоящему времени данные позволяют предполагать, что свойства кальциевых каналов оказываются очень сходными у возбудимых мембран самых различных типов.

Поэтому эффективные способы управления этими каналами, найденные на более доступном для экспериментального вмешательства объекте, каким является нервная клетка, могут в значительной мере помочь в предсказании таких способов для других возбудимых образований.

Действительно, точные измерения тех изменений, которые возникают в кальциевых каналах мембраны нервной клетки, стали сейчас важным путем отбора новых фармакологических препаратов, направленных на лечение нарушений сократительной деятельности сердца, тонуса кровеносных сосудов и пр.

Сходным образом новые представления о механизмах функционирования кальциевых каналов, полученные при исследовании нервных клеток, начинают сейчас широко использоваться для объяснения ряда характеристик интегративных процессов в мозге, основанных на межклеточных взаимодействиях с помощью химических медиаторов.

Гюнтер ПАСТЕРНАК (Pasternak) (р. 1932) — немецкий (ГДР) микробиолог, специалист в области экспериментальной и клинической иммунологии, а также экспериментальной онкологии.

Родился в Берлине, здесь же получил школьное образование, изучал медицину на медицинском факультете университета имени Гумбольдта. В соответствии со своими естественнонаучными интересами Г. Пастернак первые свои экспериментальные исследования посвятил онкологии. Серьезную поддержку в этом ему оказал его учитель профессор А. Граффи.

В 1959 он защитил кандидатскую диссертацию об антигенных свойствах опухолей. Параллельно с проведением экспериментов в области онкологии работал в микробиологической лаборатории одной из клиник Берлина, занимался микробиологией, вирусологией и иммунологией. Провел совместные исследования с профессором Г. Кляйном в стокгольмском Институте биологии опухолей, профессором Л. А. Зильбером в Институте эпидемиологии и микробиологии имени Гамалеи (Москва) и профессором М. Гашеком в пражском Институте экспериментальной биологии и генетики, а также работал в ряде других лабораторий. Его труды отличаются оригинальной постановкой задач — особенно исследования экспериментальных опухолей, получаемых при химических, физических или вирусных воздействиях. В 1966 защитил докторскую диссертацию об иммунологических свойствах лейкемии, вызванной вирусами. Ученого прежде всего интересовали проблемы иммунологических свойств как экспериментальных опухолей, так и опухолей у человека. В последние годы исследовал сенсибилизацию клеток по отношению к связанным с опухолями антигенами. Опубликовал более 150 статей, участвовал в создании монографий и справочных изданий.

С 1979 — действительный член Академии наук ГДР, член президиума АН ГДР, директор исследовательского центра молекулярной биологии и медицины АН ГДР, а также руководитель работ в области экспериментальной и клинической иммунологии Центрального института онкологии. Г. Пастернак — ответственный за программу «Биологические науки», вице-президент Ученого совета по медицине при министерстве здравоохранения ГДР.

Г. Пастернак много лет работал в Совете и Исполнительном комитете Европейской ассоциации по изучению раковых заболеваний. Член президиума Общества экспериментальной медицины ГДР. За свои научные труды автор получил в 1973 премию имени Вирхова, а в 1980 — Национальную премию ГДР.

Гюнтер ПАСТЕРНАК

Иммунология злокачественных опухолей

Каждый пятый житель нашей планеты становится жертвой рака — этой коварной болезни. Почему она возникает, как усовершенствовать методы ее профилактики, диагностики и лечения? Как нам кажется, фундаментальные исследования в области биологических наук смогут ответить на эти вопросы и решить проблему рака.

Тематика моих научных исследований — иммунология опухолей, единственный, пожалуй, раздел в онкологии, который имеет равное значение как для изучения биологических основ проблемы, так и для применения в клинике его результатов. От этого раздела науки ожидают многого: он дает возможность лучше познать патогенез заболевания, усовершенствовать методы диагноза и лечения рака.

Возможна ли иммунизация против рака так же, как против возбудителей инфекционных болезней?

Когда для борьбы с оспой в 1798 г. английский врач Э. Дженнер умышленно стал вызывать легкую инфекционную форму заболевания путем заражения человека экстрактом коровьей оспы (что вело к появлению длительного иммунитета против человеческой оспы), механизм иммунизации ему был еще неизвестен. Лишь в первой половине нашего столетия появились условия для изучения клеточных и молекулярных процессов иммунитета. Антитела и клеточные иммунные реакции как главные компоненты защиты против инфекции были приняты во внимание и при изучении рака. Казалось целесообразным иммунизировать онкологических больных вакцинами из раковых клеток или, соответственно, экстрактами, приготовленными из ткани раковой опухоли.

Результаты, о которых сообщали различные клиницисты, оказались весьма малообнадеживающими. Таким путем не удавалось вообще или удавалось весьма незначительно воздействовать на опухоли. Поскольку такому лечению подвергались обычно распространенные опухоли (по отношению к которым вряд ли можно было рассчитывать на обнаружение иммунологического эффекта), не удавалось установить, в состоянии ли организм вообще пустить в ход против рака свои иммунозащитные механизмы. Первое, от чего пришлось отказаться, — это представление о том, что уколы иммунной сыворотки (содержащей антитела, полученные от животных, которым вводили раковые клетки) должны вызывать торможение роста опухолевых клеток. Повышенная чувствительность по отношению к вводимой чужеродной сыворотке в значительной степени ограничивала возможности ее применения. Даже в опытах in vitro («в пробирке») сыворотка, предназначенная для уничтожения рака, оказывалась токсичной по отношению к нормальным клеткам. Уровень знаний по иммунологии рака остановился на этой позиции и оставался практически неизменным до начала пятидесятых годов.

Качественный скачок произошел благодаря научным достижениям в двух областях — иммуногенетической и трансплантационно-иммунологической. Это были шаги, пробудившие новые идеи, реализации которых способствовали и экспериментальные работы на животных.

Основы пересадки тканей и новые пути в иммунологии опухолей

В конце пятидесятых годов совместно с А. Граффи (Graffi, ГДР) мы обнаружили работу Е. Фолея (Foley, США, 1953), в которой был описан процесс возникновения иммунитета у экспериментальных мышей против индуцированных химическим путем перевивных (трансплантированных) опухолей. Тогда было еще трудно себе представить, что эта работа и похожая на нее, но значительно позже обнаруженная, принадлежащая Л. Гроссу (Gross, США, 1943), буквально произведут революцию в иммунологии опухолей.

Рис. 1. Схема опытов с генетически однородными мышами по изучению трансплантационного иммунитета к злокачественным опухолям. Облученные (ослабленные или убитые) опухолевые клетки вводятся для предварительной иммунизации животного. «Промежуточный хозяин» с развившимся трансплантатом нужен для дальнейшего сохранения линии опухолевых клеток

Постановка опытов и оценка результатов были исключительно просты и убедительны, и, возможно, именно в силу этого столь восхитительны. Повторение и расширение экспериментов казались нам естественными и необходимыми.

В чем же заключалась специфика этих работ, на основании которых специалисты в области иммунологии опухолей открыли для себя новые возможности? Если пересаживали опухолевую ткань от одного индивидуума другому, то этот трансплантат обычно не приживался — рано или поздно происходило его отторжение. Ситуация в определенной степени сходна с таковой при пересадке почки: его удавалось сохранить лишь с помощью медикаментозного подавления иммунологической реакции*. Причина отторжения — иммунологическая реакция против чужеродных антигенов донора. Хорошо приживляется трансплантат лишь в том случае, если донор и реципиент генетически идентичны, то есть если их тканевые антигены полностью совпадают, как, допустим, у близнецов. В таком случае после пересадки опухолевой ткани должен был бы развиться бурный опухолевый рост.

Перекрестное скрещивание экспериментальных мышей (инбридинг между братьями и сестрами) на протяжении многих поколений способно создать такую линию мышей, в которой индивидуумы генетически идентичны, а по отношению к трансплантируемым тканям ведут себя как однояйцевые близнецы. Е. Фолей и Л. Гросс использовали этот факт в своих опытах по иммунизированию (рис. 1). Предполагалось, что иммунизация таких животных ослабленными или убитыми опухолевыми клетками окажется возможной, если существуют особые антигены, специфичные для опухоли. Генетически идентичный реципиент содержит все те тканевые признаки, которыми обладает и донор опухоли, за исключением опухолевого антигена. Предположение оказалось верным. Трансплантированная опухолевая ткань действительно не вырастала в опухоль у предварительно иммунизированного реципиента, в то время как контрольные мыши умирали от пересаженной опухоли. Несколько лет спустя Р. Прэн (Prehn, США) и Дж. Майн (Main, США) продемонстрировали, что животные, у которых опухоль после предварительной иммунизации не вырастала, были потом постоянно устойчивыми к прививаемой опухоли, но не отторгали пересаживаемую здоровую ткань донора. Здесь у животных возникал иммунитет по отношению к опухолевому росту. Как у нас, так и в целом ряде других лабораторий идет дальнейшая работа в этом направлении.

Особенности иммунизации в эксперименте

Наши исследования проводились с саркомами мышей, вызванными как метилхолантреном, так и бензпиреном или диметилбензантраценом. Во всех случаях предварительная обработка реципиента убитыми или ослабленными опухолевыми клетками или же искусственно вызванная регрессия растущей у него опухоли (например, за счет снижения ее кровоснабжения) способствовали развитию у реципиента иммунитета по отношению к последующей трансплантации опухолевых клеток. Опухоли, которые были получены при воздействии на кожу мышей каплями диметилбензантрацена, ультрафиолетовым облучением или некоторыми другими факторами, оказались при проведении вышеозначенных опытов иммуногенными.

Иммунизирующие свойства были разными у различных опухолей. В то время как саркомы и карциномы, индуцированные канцерогенными углеводами, так же как [illegible] ультрафиолетом [illegible] женную имм[illegible]

* См. статью М. Мебеля и Д. Шольца «Трансплантация почек: успехи и перспективы» в этом же томе ежегодника. — *Ред.*

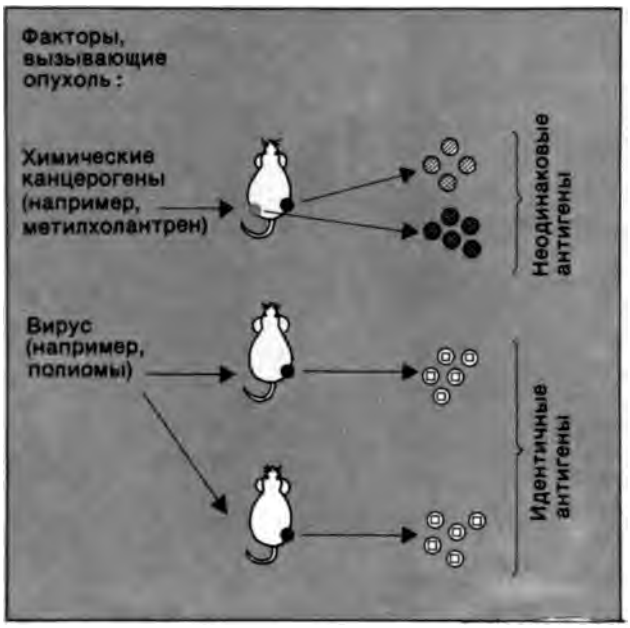


Рис. 2. Характеристика антигенов в опухолях, индуцированных химическими или физическими агентами (вверху) и вирусами (внизу). В первом случае антигены опухолей неодинаковы у одного и того же животного. Во втором — идентичны даже у разных особей, если опухоли вызваны одним и тем же вирусом

проявлялась при изучении сарком, полученных имплантацией пластмассовых пластин. Позже мы сумели показать, что легочный рак у мышей, индуцированный с помощью диэтилнитрозамина, обладал слабыми или вообще не обладал иммуногенными свойствами. Несколько отрезвляюще действовали и наблюдения, что при спонтанных мышиных саркомах лишь в исключительных случаях удавалось получить опухолеспецифический трансплантационный иммунитет.

В понимании этих процессов имелась еще одна большая брешь: каждая опухоль, даже когда она индуцирована тем же самым канцерогеном, содержит иной опухолевый антиген. Иммунизация определенной опухолью, в частности саркомой, индуцированной метилхолантреном, оставляет иммунитет только по отношению к такой же саркоме того же животного. Аналогичное свойство было прослежено и у карцином. Если попытаться перенести эти наблюдения на человека, они означали бы, что пациента-опухоленосителя можно иммунизировать только той вакциной, которая была бы изготовлена из его собственной опухоли.

Неожиданными оказались результаты, которые свидетельствовали, что с опухолями, вызванными вирусами, ситуация складывается совсем по [illegible] (рис. 2). Судя по первым публикациям об [illegible] использовали мышиную саркому полиомы. Все опухоли этиологически с этим вирусом, обладали идентичными антигенами. В нашей лаборатории мы сумели провести ряд экспериментов (одновременно появились подобные работы, вышедшие из других лабораторий), и они также показали, что мышиные лейкозы, индуцированные вирусом, независимо от их гистологического типа, обнаруживают идентичные антигены.

Далее было доказано на опухолях, индуцированных вирусом полиомы, что антигены самого вируса нельзя здесь считать ответственными за иммунные реакции против опухолевых клеток. Антитела, нейтрализующие вирус полиомы, никак не влияют на рост полиомных опухолей, а иммунизация опухолевыми клетками не вызывает появления антител против вируса. Отсюда был сделан вывод, гласивший, что вирусные опухоли под влиянием вируса могут образовывать особые новые антигены — уже опухолеспецифичные.

Это позволяло по-новому оценить проблему рака у человека. Поскольку эксперименты на самом человеке немыслимы, мы исследовали корреляцию иммунологических реакций против злокачественных опухолей in vitro на клеточках животных. Клетки лимфоузлов резистентных (опухолеустойчивых) животных нейтрализовали разрастание опухолевых клеток.

Здесь предполагались два возможных механизма: 1) разрастание опухолевых клеток подавляется за счет того, что повышается реактивная чувствительность лимфоцитов — цитостатический эффект (создается своего рода барьер, ограничивающий опухоль) и 2) опухолевые клетки разрушаются и отторгаются путем повреждающего контакта с лимфоцитами — цитотоксическое воздействие. Удалось показать, что при отторжении опухоли действительно основная роль в развитии цитотоксических реакций принадлежит лимфоцитам. Таким образом, был продемонстрирован параллелизм этого феномена с процессом отторжения чужеродных тканей и органов. Лимфоциты, непосредственно участвующие в этом разрушении, называются специфическими клетками-киллерами («убийцами»).

В то время мы еще не участвовали в изучении антигенов опухолей человека, но углубленно занимались иммунологией мышиных лейкозов.

Лейкозы мышей: вирус, иммунитет и лейкемическая клетка

Как известно, А. Граффи и Л. Гросс являются пионерами в изучении проблемы вирусных лейкозов. Им обоим в пятидесятых годах удалось независимо друг от друга обнаружить два лейкозных вируса, которые позже получили названия: вирус Граффи и, соответственно, вирус Гросса. Ими были тщательно изучены способы переноса,

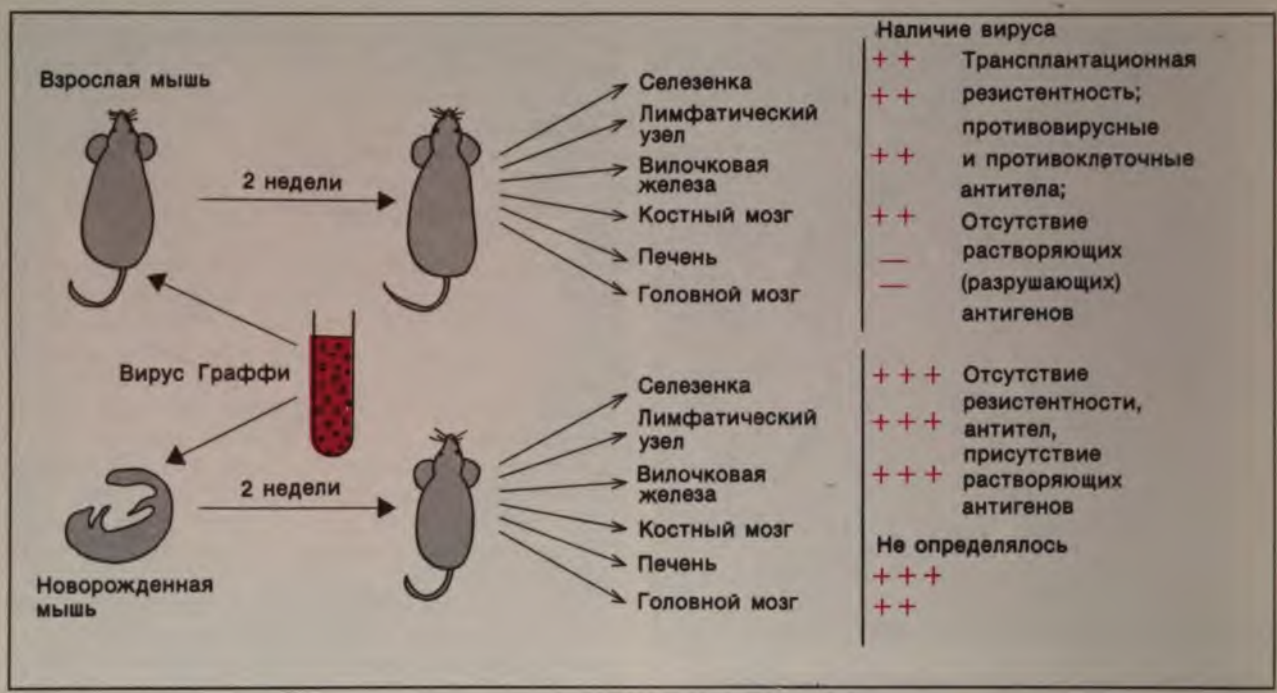


Рис. 3. Особенности реакций новорожденных и взрослых мышей после инфицирования их вирусом лейкемии Граффи. Если вирус вводят взрослым животным, то уже через две недели можно проследить появление иммунитета против трансплантированных лейкозных клеток. Кроме того, в сыворотке крови этих животных находят нейтрализующие вирус антитела, а также антитела, которые реагируют с мембраной (оболочкой) лейкемических клеток. Лейкозный вирус в этой стадии оседает в селезенке, вилочковой железе, в костном мозге, а также в лимфоузлах. Печень и мозг этих животных остаются «чистыми». Если же инфицировать новорожденных животных, то через две недели вирус можно обнаружить в тканях всех вышеупомянутых органов, включая печень и мозг. У этих животных, когда они вырастут, трансплантационный иммунитет не будет выражен, и получить его путем иммунизации лейкозной тканью не удастся. У них будут отсутствовать противовирусные и противоклеточные антитела, а в их сыворотке обнаружится растворяющий антиген (в основном, вирусного происхождения), который отсутствует у резистентных мышей

патогенность, распространение и антигенные свойства этих вирусов, относящихся к группе так называемых РНК-содержащих ретровирусов. Им удалось установить этиологическую связь между вирусом и заболеванием, проследить с помощью электронно-микроскопических исследований морфологию вирусов и выполнить их биохимический анализ. (Как выглядят, например, злокачественно перерожденные клетки крови в поле электронного микроскопа, показано на рис. 3).

Для нас в течение многих лет лейкемия Граффи была основным материалом иммунологических исследований.

Трансплантационный иммунитет против лейкемии мы получали, предварительно обработав животных или клетками, подвергшимися воздействию рентгеновских лучей (причем малыми

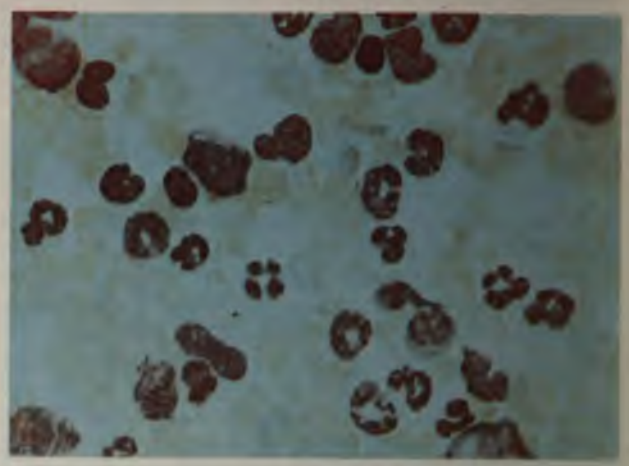


Рис. 4. Кровяной мазок с окрашенными и неокрашенными клетками у больной мыши. Множество окрасившихся гематоксилин-эозином незрелых гранулоцитов — свидетельство злокачественного вирусного перерождения клеток.

дозами этих клеток, которые не могут привести к развитию лейкоза), или же лейкозной тканью генетически различных штаммов мышей.

Факты свидетельствовали о том, что в процессе развития лейкемии, вызванной вирусом Граффи, возникает иммунологическая устойчивость животных против антигенов лейкозных клеток. Так, например, взрослые животные, инфицированные этим вирусом (трансплантированные затем лейкемические клетки у них подверглись отторжению), обладали антителами, нейтрализующими вирус (рис. 4).

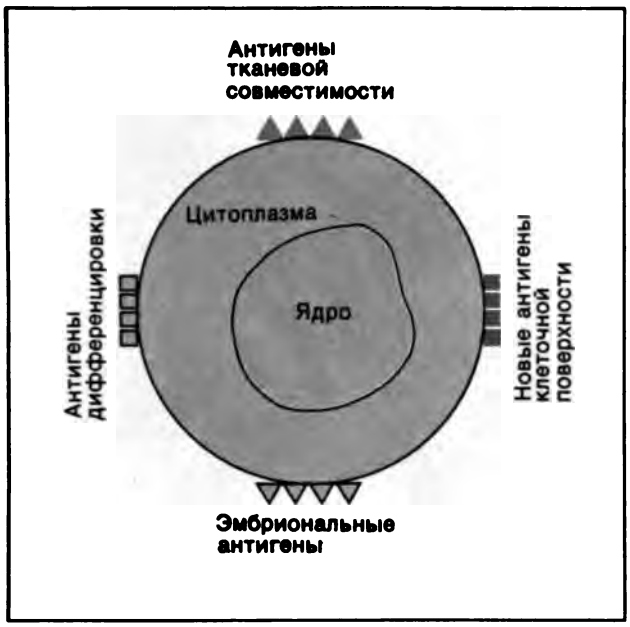


Рис. 5. Антигены, локализованные в мембране (оболочке) лейкозной клетки мыши (схема). Каждая живая клетка организма содержит так называемые антигены тканевой совместимости, которые, по всей вероятности, играют роль при сохранении клеточной структуры. Антигены дифференцировки и эмбриональные антигены говорят о степени дифференцировки и развития клетки (этапе ее жизнедеятельности). Новые антигены клеточной поверхности появляются уже под воздействием вируса

Насколько просто было дифференцировать вирусные и индуцированные вирусом новые антигены в опухолях, полученных с помощью вируса полиомы, настолько же трудно реализовалась эта возможность при лейкозах. Это связано с механизмом образования лейкозного вируса: его составные части в процессе формирования вируса как такового являются одновременно интегральной составной частью клеточной мембраны. Иммунная реакция против подобных частиц вируса означает для живой клетки гибельный исход. С другой стороны, нельзя исключить, что подобно тому, как это было прослежено с опухолями вируса полиомы, новые особые антигены, которые не являются составными частицами вируса, образуются под влиянием именно вирусной инфекции. На них организму необходимо реагировать. Регулярное появление антител против лейкозных клеток в сыворотке резистентных животных позволяет разрешать in vitro разнообразные вопросы. С помощью иммунно-электронно-микроскопической методики и маркировки антител ферритином нам удалось подтвердить, что антитела реагируют как с вирусами, так и с клеточной мембраной (гранулы ферритина обнаруживаются и там и там). Маркированные антитела появлялись и в тех местах мембраны, в которых отсутствовал морфологически прослеживаемый вирус.

Рис. 6. Модель распределения вирусных и клеточных антигенов в лейкемической клетке (1971 г.). Показано, что определенные антигены располагаются по соседству друг с другом

Опыты, проведенные с помощью антител, маркированных флюоресцентным красителем, выполненные в различных лабораториях, еще ранее указывали, что, по-видимому, все антигены лейкозного вируса локализуются в клеточных мембранах (рис. 5).

Во многих лабораториях мира, в том числе у нас, шли поиски таких лейкозов или опухолей, которые бы содержали лишь один из антигенов — все равно, вирусный или гипотетический новый, индуцированный вирусом. Клетки, содержащие и продуцирующие вирус Граффи при участии сыворотки крови, получали способность его нейтрализовать. Однако оставались антитела, которые и после такой нейтрализации реагировали с мембраной лейкемических клеток. Очевидно, они возникли как реакция на неизвестный нам антиген.

Действительно ли обнаружили новый индуцируемый вирусом антиген? До сегодняшнего дня этот вопрос окончательно не решен. Возможно,

предшественники вирусных белков, которые не стоят в антигенной связи с оболочкой вируса, оказываются структурально включенными в мембрану. Но не исключены и другие трактовки.

Вопрос дифференциации между вирусными и новыми клеточными антигенами в лейкозных клетках представлялся нам очень важным. Новые клеточные антигены могли быть ответственны за злокачественность: от их изучения зависела возможность создания вакцины, отвечающей характеру антигена.

Проявление вирусных или индуцированных вирусом антигенов в мембране лейкемических клеток или в клетках других видов весьма различно. С помощью иммунофлюоресцентной техники было доказано, например, что клетки саркомы, инфицированные вирусом (если судить по распределению нейтрализующих антител), несут на своей поверхности незначительное число антигенов. Лейкемические клетки отличаются от них по своему содержанию антигенов.

Можно предполагать, что иммунная чувствительность клеток в значительной мере зависит от концентрации антигенов на клеточной мембране (рис. 6). Некоторые саркомы, содержащие вирус Граффи, прогрессивно растут даже у резистентных к лейкозу животных, тогда как другие опухоли отторгаются. А различное поведение лейкозов проявляется в том, что клетки одного лейкоза под воздействием антител повреждаются, в то время как другие остаются совершенно резистентными. Следует принимать во внимание количественные и качественные отличия антигенов, что также может сказываться на особенностях их поведения.

Лейкозы мышей можно индуцировать не только путем инъекции подготовленного соответствующим образом вируса; они развиваются и под действием рентгеновских лучей или химических канцерогенов. В какой мере в процессе химической или физической индукции лейкозов принимают участие вирусы? Этот вопрос интересует нас, так же как и других ученых. Нам не удавалось передавать заболевание лейкозом, вызванным химическим путем, используя бесклеточный экстракт (хотя в литературе есть такие факты), даже в тех случаях, когда мы воздействовали им на новорожденных мышей. Но проследить вирусы с помощью электронной микроскопии нам удалось. У нас создалось впечатление, что при развитии лучевого лейкоза вирусы играют определенную роль.

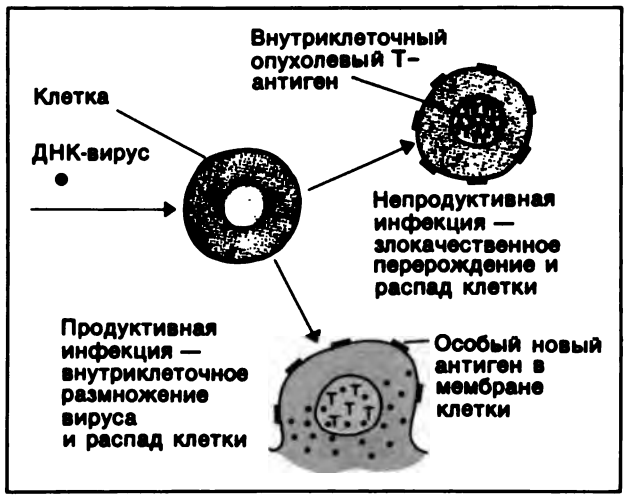


Рис. 7. Изменения клетки после инфицирования ее ДНК-вирусом (например, вирусом полиомы, *SV-40* или аденовирусом). В клетке может развиться продуктивная (связанная с размножением вируса) или непродуктивная (злокачественная) инфекция. В обоих случаях внутри клеточного ядра образуются Т-антигены, а в клеточной мембране — особые новые антигены. И те и другие индуцированы вирусом

Лейкозы у человека: участвуют ли в их возникновении вирусы?

Модель мышиного лейкоза рассматривалась вначале как объект, с которым можно сравнивать *человеческие* лейкозы. Параллельно с иммунофлюоресцентным тестом в опытах с лейкозными клетками мышей мы использовали сыворотку здорового человека, а также сыворотку детей, страдающих острым лейкозом (ALL), для получения антител против ALL-клеток. Однако полученные результаты разочаровали нас. С помощью непрямой иммунофлюоресцентной техники с применением живых лейкозных клеток человека нам не удалось достоверно установить наличие антигенов, связанных с лейкемией.

К этому времени было расширено и укреплено научное подразделение нашего института, занимающееся вирусологическими исследованиями, было увеличено количество опытов, направленных на выявление вируса или его активности в нормальных или опухолевых тканях человека. Не последнюю роль при этом сыграло предположение, касающееся вирусной этиологии опухолей, в том смысле, что человек — не исключение из правил, обнаруженных для других представителей животного мира. Было доказано, что вирусы являются причиной возникновения опухолей не только у кур, мышей и крыс, но и у морских свинок, кроликов, а также у рогатого скота и обезьян различной породы.

Подобно другим группам ученых, группа А. Граффи, в которой мы работали, обнаружила вирусоподобные частицы в опухолевых клетках человека. Однако выращивать эти вирусы в тканевых культурах не удавалось. Одновременно было установлено, что в здоровых тканях обнаруживаются вирусоподобные частицы. Относительно частым местонахождением этих час-

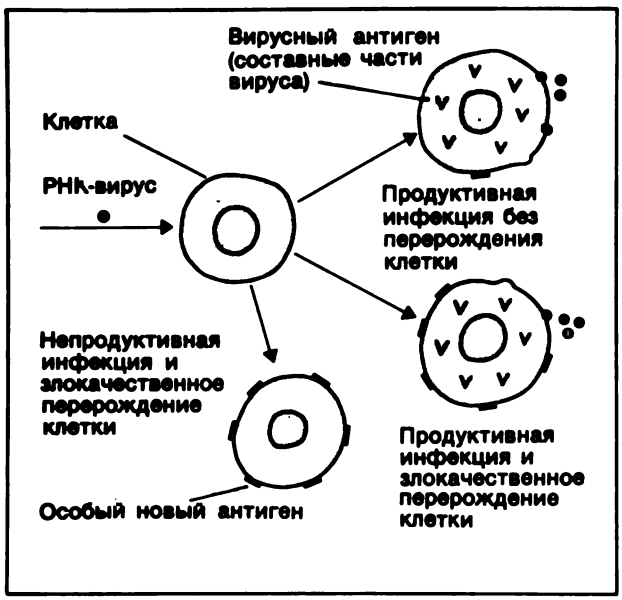


Рис. 8. Изменения клетки после инфицирования ее РНК-вирусом (например, вирусом Рауса, саркомы кур, куриного лейкоза, вирусом Граффи и другими вирусами лейкоза и саркомы мышей, крыс и прочих животных а также вирусом опухоли молочной железы мышей). Клетка, инфицированная РНК-вирусом, может претерпеть впоследствии три вида изменений, причем два из них — злокачественные. В отличие от онкогенных ДНК-вирусов образование РНК-вирусов происходит путем отпочкования или отшнурования от клеточной или же внутриплазматической мембраны, где воссоединяются воедино его составные части, образуя целостный вирус. Белок оболочки вируса может при этом интегрировать составные части клеточной мембраны. Вирус могут высвобождать как перерожденные, так и неперерожденные клетки. Высвобождение размножившихся вирусов не связано с гибелью клеток

тиц оказалась ткань человеческой плаценты.

Для дальнейшего развития исследований было необходимо изучить поведение перевивных непрерывных клеточных линий, в частности тех, что продуцируют вирус.

В 1973 г. вначале на основании электронно-микроскопических исследований в клеточной культуре фибробластов — клеток соединительной ткани человека, полученных от плода, мать которого имела генерализованную форму рака шейки матки, группе А. Граффи удалось обнаружить так называемый ретровирус типа D. Подобный или идентичный тип D-вируса удалось обнаружить и другим авторам в клеточных линиях тканевых культур. И на сегодня принято считать достоверным, что ретровирусы типов D и, например, С можно обнаружить в человеческих клетках и изолировать. Было установлено, что вирусы подобной структуры являются онкогенными для нескольких разновидностей обезьян. Поскольку вирус, который удалось изолировать Граффи с сотрудниками, не отличается от других онкогенных вирусов, его роль в возникновении опухолей человека остается невыясненной. До настоящего времени не удалось обнаружить в опухолевой ткани человека ни вирусные антигены, ни антитела против них (ни у обладателей опухоли, ни у контрольных лиц). Опыты, относящиеся к изучению ретровирусов типа С и типа D, представляют лишь одну сторону исследований, направленных на установление вирусного происхождения опухолей человека.

Наряду с присущей вирусам способностью инфицировать или трансформировать клетку, они интересны еще и тем, что содержат фермент ревертазу, которая способствует обратному переносу генетической информации с РНК на комплиментарную (соответствующую ей) ДНК (обратная транскрипция). Сравнительно недавнее установление этого биологического принципа послужило важным толчком для развития генной инженерии, которая имеет для медицины и биологических наук исключительно большое значение. Не менее ценен этот факт и для изучения злокачественных перерождений клеток в результате вирусных инфекций, поскольку существуют как ДНК-вирусы (например, вирус полиомы), так и РНК-вирусы (к ним относится и вирус Граффи). И те и другие могут вызывать злокачественное перерождение инфицированной клетки (рис. 7, 8).

Не следует забывать в качестве возможных онкогенных вирусов человека и группу изоляторов, которые не относятся к ретровирусам и принадлежат к другим вирусным семействам, в их числе папова-вирусы, аденовирусы, вирусы герпеса и вирусы оспы.

Знания, накопленные в области вирусного и химического канцерогенеза, позволяют сделать вывод, что в качестве пускового механизма в развитии рака следует рассматривать разнообразные факторы. Иммунология внесла в эту теорию свой вклад, благодаря идентификации вирусов, их анализу и изучению их характеристик. Но только в том случае, если удастся получить подтверждение вирусной этиологии определенных опухолей, окажется возможным создание противоопухолевой вакцины.

Гипотеза иммунного надзора

Какое-то время иммунологам казалось: иммунизация против рака — соответственно, усиление иммунного ответа организма против опухолевых антигенов — придвинулись совсем близко и становятся доступными. Однако этот оптимизм был вскоре приглушен сообщениями о том, что и лимфоциты здоровых людей обнаруживают цитотоксические свойства, направленные против опухолевых клеток или других клеточных линий (в опытах ин витро) и что существуют и неспецифические клетки-киллеры, тоже способные ин витро

убивать клетки трансплантата. Эти клетки были обозначены как естественные (натуральные) клетки-киллеры (NK-клетки). Их удается обнаружить и у животных. В экспериментах с мышами эти клетки были изучены особенно тщательно.

Касаясь NK-клеток, я хотел бы коротко остановиться на одной гипотезе: о роли иммунной системы при заболевании раком. Речь идет о так называемой гипотезе иммунного надзора.

Гипотеза эта встречается достаточно часто в литературе, посвященной вопросам иммунологии опухолей.

Согласно гипотезе иммунного надзора М. Бернe (Burnet, Австралия) и П. Эрлиха (Ehrlich), в организме постоянно появляются злокачественные клетки (следствие мутаций или других процессов), которые при наличии здоровой иммунно-защитной системы тотчас погибают. И действительно, множественные экспериментальные и клинические наблюдения, касающиеся сторожевой функции иммунной системы, свидетельствуют в пользу этой гипотезы. О том же говорят случаи обратного развития опухолей и другие факты: в кровяном русле находят опухолевые клетки, однако метастазы не возникают; иммунные клетки обнаруживают в местах опухолевого роста; метастазы развиваются спустя длительный период после удаления первичного опухолевого очага. Сюда, возможно, относится и имеющееся наблюдение, что определенного вида опухоли чаще возникают у лиц с иммунными дефектами (после лечения иммуносупрессантами и после удаления вилочковой железы).

Противники гипотезы указывают на то, что, действительно, иммунологически привилегированные, особо охраняемые области, такие, как мозг или защечный мешочек хомячка, не обнаруживают склонности к повышенному опухолевому поражению, однако и мыши, лишенные вилочковой железы (тимуса), вряд ли обладают повышенной склонностью к образованию спонтанных опухолей. Но возможно, что не только вырабатываемые тимусом Т-лимфоциты принимают непосредственное участие в сторожевой деятельности иммунно-защитной системы против рака. Так, у NK-клеток, представляющих собой лимфоциты с особыми Fc-рецепторами, отсутствуют, например, некоторые признаки, свойственные зрелым Т-лимфоцитам.

Есть еще один тип клеток, играющий центральную роль в процессах, связанных с иммунной защитой против опухолей. Это так называемые К-клетки. «К» производят то от слова «киллер» («убийца»), то «кей» («ключ»). Термин «К-клетки» порой понимают неверно, путая их со специфическими цитотоксическими Т-лимфоцитами, которые также называются клетками-киллерами. К-клетки действуют на клетки-мишени, покрытые антителами. При этом К-клетки с их Fc-рецепторами располагаются на Fc-части антител — иммуноглобулине. Через некоторое время клетка-мишень разрушается. Процесс этот известен как обусловленная антителами цитотоксическая активность (рис. 9).

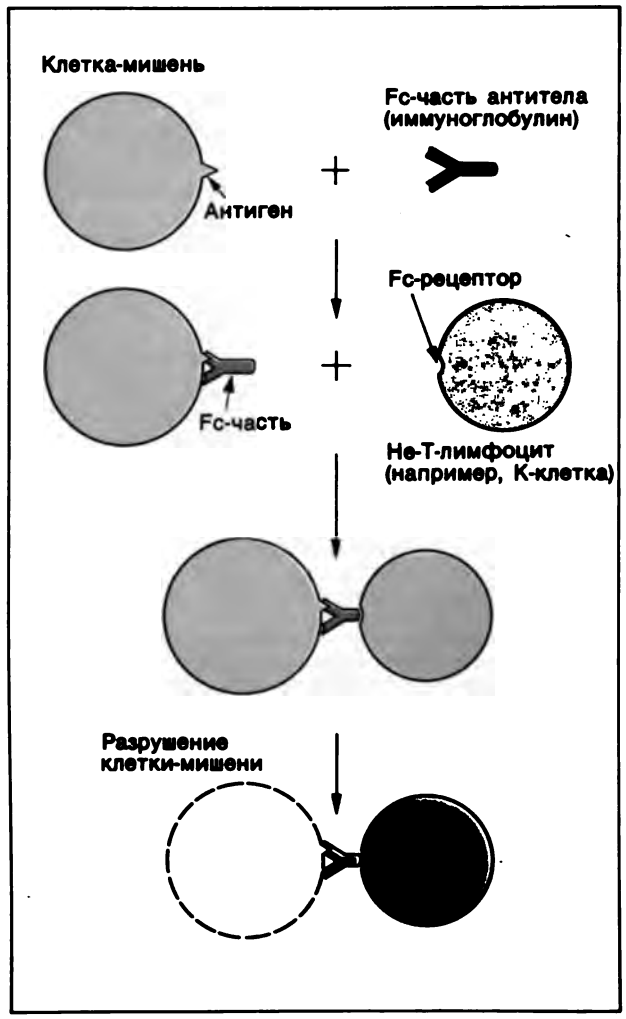


Рис. 9. Разрушение клетки-мишени — возникновение цитотоксической активности «разрушителей» (в данном случае К-клеток), обусловленное воздействием антител (схема). До соответствующего связывания антител с «разрушителями» (К-клетками, макрофагами, моноцитами) последние не проявляют каких-либо признаков цитотоксической активности

Исследования, проводившиеся в нашей лаборатории, случайно столкнулись с тематикой иммунного надзора при опухолях. Иммунизируя кроликов лейкозными клетками мышей, мы получили так называемую гетерологическую антисыворотку — ее действие предполагалось испытать in vitro на трансплантированных лейкозах. И действительно, с помощью указанной сыворотки кролика нам удалось затормозить превращение лейкозных клеток в трансплантированную опухоль.

Антисыворотка не то[illegible] и

ных тканей. Если же кроликов перед введением лейкозных клеток и гетерологической антисыворотки облучали (в дозе 500 р), сыворотка оказывалась не эффективной, и лейкозные клетки образовывали опухолевый конгломерат. Следовательно, определенные клеточные компоненты, чувствительные к лучевому воздействию, участвуют в развитии специфического эффекта антител. Последующие эксперименты подтвердили это. Удалось показать in vitro разрушение лейкозных клеток К-клетками в союзе с этими гетерологическими антителами. Т-лимфоциты не оказывали цитотоксического действия, обусловленного антителами при использовании гетерологической антисыворотки. Впоследствии удалось доказать, что бóльшую часть этой реакции обеспечивают не К- и Т-клетки, а макрофаги — еще одна разновидность клеток, участвующих в иммунных реакциях.

Будущие исследования функции NK- и К-клеток позволят лучше понять роль различных клеточных форм при заболевании раком. Для нас в последующих опытах оказался неожиданностью тот факт, что лейкозные клетки человека могут выполнять функцию К-клеток. Данные, полученные при изучении разных цитологических типов, позволяют предположить, что к NK-клеткам не обязательно причислять только определенный клеточный тип.

Попытки изоляции антигенов

В нашей лаборатории мы сумели доказать, что у больных раком молочных желез лимфоциты сенсибилизированы против антигенов данной опухоли. Экстракты, приготовленные из других опухолей, отличающихся по своему гистологическому типу, например, из раковой опухоли легкого, не реагировали с лимфоцитами, которые принадлежали больным раком молочной железы. Уже доказано, что опухолям одинаковых органов и одинакового гистологического строения соответствуют перекрестно-реагирующие антигены (то есть антигены одного больного реагируют на опухоли другого и наоборот).

В обличие от этого опухоли разных органов обладают различными антигенами. И если уж говорить об антигенах, то следует четко сформулировать, что до настоящего времени их еще не удалось изолировать в чистом виде, и лишь на основании тех или иных реакций, прослеживаемых в экстратах, мы делаем вывод о присутствии некоторого опухолевого антигена. В частности, для этого используется разработанный нами совместно с сотрудниками Центрального института исследования рака АН ГДР аппарат, называемый фармоквант, при помощи которого измеряют клеточный электрофорез (рис. 10)

Рис. 10. Измерение клеточного электрофореза на фармокванте 2-ВЭБ (Карл Цейсс, Йена). Данная установка используется для определения электрофоретической подвижности макрофагов и других клеток организма

Иммунный ответ в отношении опухолевого антигена вовсе не всегда является одновременно и цитотоксичным по отношению к опухолевой клетке. В иммунологии известны многие примеры тому, что иммунный ответ не ведет к уничтожению возбудителя болезни. В качестве примера можно привести случаи длительного выживания паразитов, несмотря на наличие выраженной иммунологической реакции организма. Не в последнюю очередь следует упомянуть и доказательства, полученные экспериментальным путем, когда иммунные процессы оказывали даже стимулирующее действие на рост опухоли.

Опытами, посвященными изоляции антигенов, ассоциированных с опухолью, занимались многие лаборатории, в том числе и наша. Можно надеяться, что результаты будут положительны.

Опухоленосители реагируют на фетальные антигены

В наших опытах мы обратили внимание на перекрестные реакции, свидетельствующие об идентичности антигенов, между двумя различными мышиными саркомами, индуцированными с помощью ультрафиолетового (УФ) облучения. В случае трансплантации обе эти саркомы поддавались четкой дифференциации, причем иммунитет по отношению к одной из них не распространялся на другую. Если при помощи иммунофлюоресцентных тестов исследовалась сыворотка резистентных животных возникали перекрестные реакции.

Перекрестные реакции прекращались с абсорбацией фетальных (зародышевых) тканей опухоли мыши, иными словами, с удалением неких антигенов. В сыворотке остаются антитела против УФ-саркомы, которая использовалась ранее для иммунизации.

Идея, что опухоли обладают фетальными антигенами, которые вызывают иммунный ответ в организме опухоленосителя, не нова. Перекрестные реакции между лимфоцитами и индуцированными клиническим путем опухолями крыс были описаны Р. Балдвином (Baldwin, Англия) с сотрудниками. Причиной таких реакций считали присутствие фетальных антигенов в мембране опухолевых клеток. Используя экстракты, приготовленные из фетальных тканей, мы продолжили серию опытов, посвященных проблеме сенсибилизации опухоленосителей. Неожиданным оказалось наблюдение, что экстракты, приготовленные из фетальных тканей мышиного или человеческого плода, вступают в перекрестные реакции: лимфоциты опухоленосителя-человека реагируют с экстрактом из мышиного плода, а лимфоциты мышей, имеющих опухоли, дают положительную реакцию с экстрактом человеческого плода.

На основании этих наблюдений были изготовлены и изучены экстракты из плодов рогатого скота, овец, свиней, морских свинок, кошек и кур. Независимо от исходного вида животного или птицы реакции с лимфоцитами опухоленосителей оказывались положительными.

Сенсибилизацию по отношению к экстракту плода можно проследить и во время беременности. Удивительно, что по окончании беременности сенсибилизация снимается с лимфоцитов. В настоящее время мы исследуем, исчезает ли данная реакция у онкологических больных, получивших успешное лечение. Что касается сенсибилизации лимфоцитов у беременных, мы можем сделать вывод, что это состояние неспецифично по отношению к опухолям.

Недавно мы сумели показать, что и в случаях, когда организм находится в «предопухолевом» состоянии, наблюдается сенсибилизация по отношению к антигенам плода. Это, в частности, касалось экспериментальных мышей, которые имели доброкачественные бородавки, индуцированные диметилбензантраценом. Аналогично реагировали и женщины с доброкачественными изменениями в области шейки матки.

Способность лейкоцитов к сенсибилизации по отношению к фетальным антигенам плода мы расцениваем как фундаментальный биологический феномен, который требует более тщательного изучения. При каких обстоятельствах в организме появляются фетальные антигены, обуславливающие последующую сенсибилизацию? Их можно обнаружить у представителей различных видов позвоночных. Скорее всего, их образование прекращается на стадии плода до развития иммуно-защитной системы. Так можно было бы объяснить, почему взрослый организм в отличие от новорожденного дает соответствующий иммунологический ответ. Если у матерей после родов сенсибилизация более не обнаруживается, то можно сказать, что это связано, вероятно, с коротким сроком циркуляции в ее крови лимфокина (лимфоциты после контакта с фетальным антигеном выделяют специфическое соединение — лимфокин).

Как будет далее развиваться иммунология опухолей?

Несмотря на то, что данная статья лишь кратко знакомит с проблемой иммунологии опухолей, она позволяет сделать некоторые общие выводы. Я придерживаюсь мнения, что имеющиеся на сегодня данные по иммунологии опухолей существенно расширили наши представления о факторах, участвующих в процессе злокачественного роста. И тем не менее до сих пор еще не удается однозначно высказаться о роли, которую играет наша иммунная система при возникновенин рака. Иммунологические методы способствовали расширению нашего диагностического репертуара, в частности исследований, определяющих состояние иммунных реакций организма, однако в разработке ранней диагностики рака на иммунологической основе или эффективной его иммунотерапии мы стоим еще лишь у начала пути. Определенные надежды мы связываем с пассивной иммунотерапией лейкозов, которую предполагается осуществлять с помощью сыворотки. Нам удалось терапевтически воздействовать на экспериментальные лейкозы при помощи иммунной сыворотки.

Возможно, впоследствии будет целесообразно использовать подобные сыворотки в более широком плане для подавления in vitro лейкозных клеток костного мозга с последующей реимплантацией обработанного таким образом костного мозга в организм больного, например, подвергшегося общему облучению всего организма. Попытки получения антител против лейкоза у человека прошли успешно.

Несомненно, требуют более интенсивного изучения характеристики опухолевых антигенов с помощью моноклонарных антител; надо отыскать лучшие способы изолирования и очищения антигенов, а также изучения функций лимфоцитов. Следует, видимо, больше использовать спонтанные опухоли экспериментальных животных вместо опухолей, индуцированных химическими, физическими или вирусными агентами, поскольку спонтанные опухоли в большей мере соответствуют спонтанным опухолям человека.

Отсюда вывод: важно, чтобы экспериментальная и клиническая иммунология развивались в более тесном контакте между собой. Тогда результаты фундаментальных исследований можно будет эффективнее использова
ской практике.

ВСЕЛЕННАЯ

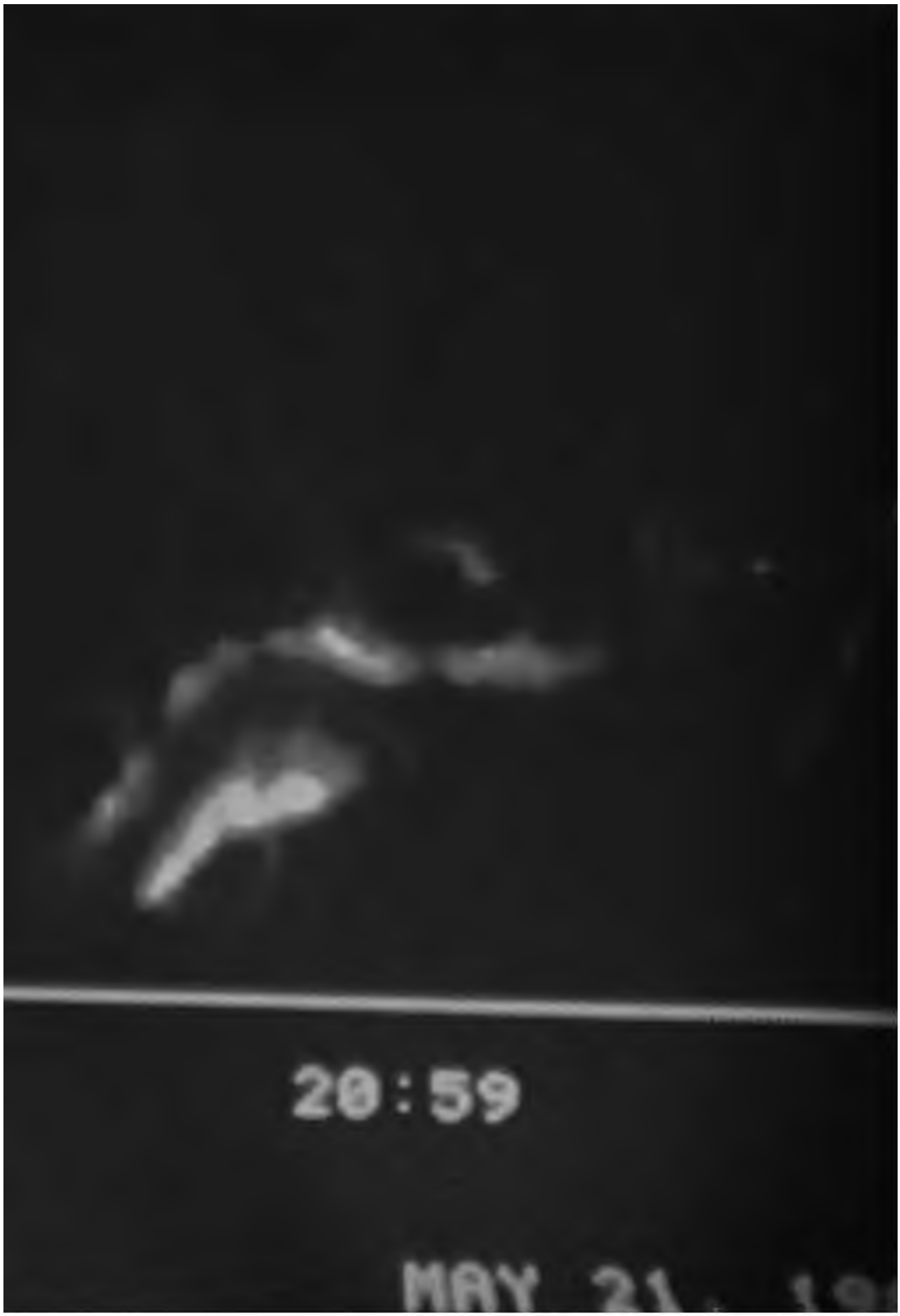
**Удивительно не то, что звездное поле
так велико, а то, что человек измерил его.**

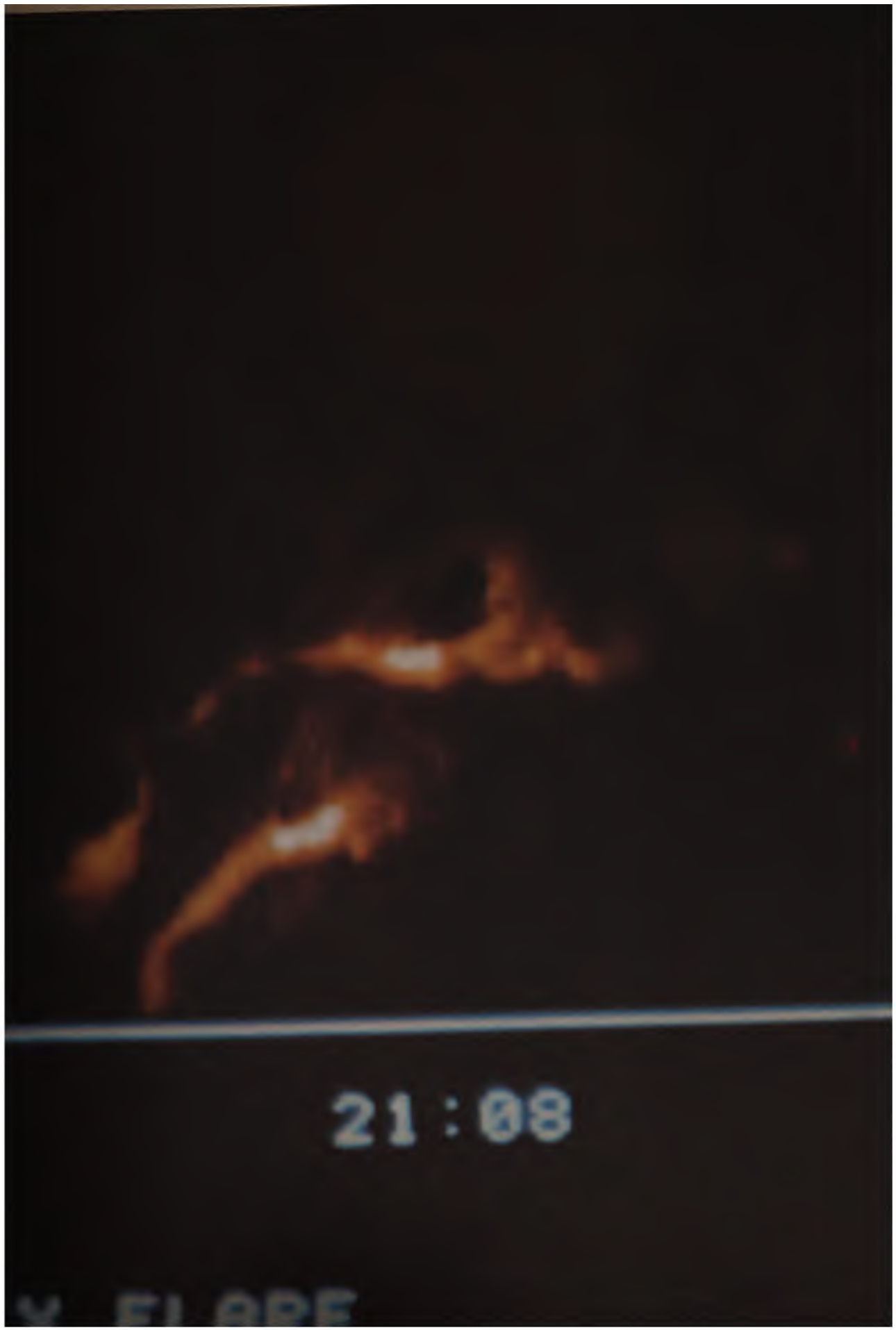
Франс А.

Д. ПРУНАРИУ
«Салют-6» — «Союз Т-4» —
«Союз-40»:
напряженная
научная работа

В. А. КРАТ, В. В. КАСИНСКИЙ
Международная программа
Год Солнечного Максимума

ХОК
ская фотометрическая система


20:59
MAY 21


21:08

Думитру ПРУНАРИУ (Prunariu)
(р. 1952) — космонавт-исследователь, Герой Социалистической Республики Румынии, Герой Советского Союза.

В 1971 после окончания лицея в Брашове поступил в Бухарестский политехнический институт на факультет самолетостроения, который окончил в 1976. Был распределен на авиационный завод в Брашове.

В августе 1977, после окончания Военноавиационной офицерской школы, был принят в группу кандидатов в космонавты.

В марте 1978 Д. Прунариу вместе с Думитру Дедиу был направлен в Центр подготовки космонавтов им. Ю. А. Гагарина, где они прошли полный курс обучения по программе космического корабля «Союз» и орбитальной станции «Салют».

13 мая 1981 г. Государственная комиссия по совместному советско-румынскому полету утвердила экипаж космического корабля «Союз-40» в составе командира Героя Советского Союза, летчика-космонавта СССР Л. И. Попова и космонавта-исследователя Д. Прунариу. 14 мая 1981 с космодрома Байконур был запущен космический корабль «Союз-40» с советско-румынским экипажем на борту. Затем в течение семи дней космонавты работали на борту орбитального комплекса «Салют-6» — «Союз Т-4» — «Союз-40».

После возвращения из космоса капитану Д. Прунариу были присвоены звания Героя Советского Союза с вручением ордена Ленина и медали «Золотая Звезда» и Героя Социалистической Республики Румынии.

ДУМИТРУ ПРУНАРИУ

«Салют-6» — «Союз Т-4» — «Союз-40»: напряженная научная работа

Благодаря успеху космической миссии совместного советско-румынского экипажа в мае 1981 г. Социалистическая Республика Румыния вошла в число стран — участниц пилотируемых полетов в космическое пространство.

Переход Румынии от аэронавтики к космическим исследованиям — это результат бурного развития научных исследований, технологического проектирования и конструирования в нашей стране, которое являлось и является одной из важных задач, стоящих в центре внимания Румынской коммунистической партии. Особые заслуги здесь принадлежат Генеральному секретарю Румынской коммунистической партии, Президенту Социалистической Республики Румынии товарищу Николае Чаушеску, который, способствовал возрождению наших авиационных традиций и созданию условий для их стремительного развития в соответствии с требованиями современной научно-технической революции. Подчеркивая необходимость усиления деятельности в области аэрокосмических исследований и космонавтики, товарищ Николае Чаушеску указывал: «Необходимо более решительно приступать к решению широких, перспективных проблем, в том числе проблем исследования космоса, имеющих большое будущее».

Претворяя в жизнь решения руководства нашей партии и государства, Национальный совет по науке и технологии под руководством академика, доктора-инженера, члена Политисполкома ЦК РКП, первого заместителя премьер-министра товарища Елены Чаушеску расширил сферу своей деятельности, включив в нее изучение космического пространства. В рамках Национального совета по науке и технологии большую работу проводила и проводит Румынская комиссия по космической деятельности. Комиссия, состоящая из представителей ряда министерств и высококвалифицированных специалистов научно-исследовательских институтов и высших учеб[illegible] разрабатывает специальные и [illegible]мы в области освоения космоса с учетом направлений, предусмотренных документами Румынской коммунистической партии.

В соответствии с внешней политикой нашей партии и государства, направленной на углубление и совершенствование сотрудничества с Советским Союзом, с другими социалистическими странами, Румыния с 1967 г. принимает участие в программе исследования космического пространства, получившей в 1970 г. название «Интеркосмос».

Первоначально участие румынских ученых в научных исследованиях по программе «Интеркосмос» ограничивалось наземными наблюдениями искусственных спутников Земли. Затем оно расширилось и углубилось в связи с разработкой аппаратуры и приборов (магнитометров, спектрометров, приборов для измерения космических излучений и т. д.) для установки на спутниках и геофизических ракетах. Таким образом, были заложены основы комплексной программы научных исследований в космосе, сочетавшейся с прикладными программами (космическая связь, метеорология, дистанционное зондирование). Этапным для участия Румынии в программе «Интеркосмос» стал полет советско-румынского экипажа с 14 по 22 мая 1981 г.

Космическая миссия, в которой я имел честь принять участие, совместно с опытным советским космонавтом Леонидом Поповым, была осуществлена спустя короткое время после 20-летия эпохального орбитального полета Юрия Гагарина, открывшего эру полетов человека в космос. За два десятилетия, прошедших со времени этого памятного события, человек столько сделал для завоевания космоса, что сегодня для него стало привычным каталогизировать космические достижения. Благодаря космическим исследованиям были получены тысячи и тысячи данных, имеющих широкое практическое применение в различных областях человеческой деятельности, и этот факт красноречив сам по себе.

Что означал для меня полет в мае 1981 г.?

Космонавты Д. Прунариу и Л. И. Попов в тренажере космического корабля «Союз»

Это было поистине уникальное событие, в котором сочетались одновременно исполнение мечты и выполнение долга. На протяжении всех лет подготовки я испытывал чувство глубокой ответственности, которая иногда казалась мне огромной, выше моих сил. Но мысль о том, что наша Коммунистическая партия оказала мне доверие и дала возможность дальше пронести героические традиции румынских крыльев, укрепила мою волю и решимость преодолеть трудности. Известно, что подготовка к полету в космос так же, как и сам полет, требует громадных усилий.

На пресс-конференции, организованной в Совете журналистов СРР, мне задали вопрос, пережил ли я минуты страха. Страха — нет. Это неподходящее слово, но волнения — да, я пережил такие минуты. Особенно перед стартом. Как на экзамене. Безусловно, я прошел всестороннее обучение, чувствовал себя хорошо подготовленным, однако, как любой ученик, не мог не спросить себя: какие сюрпризы преподнесет мне экзаменатор?

Космос — суровый экзаменатор, но благодаря всесторонней подготовке можно успешно ответить на все его вопросы. Мне трудно описать вам радость, которую я испытал при посадке, когда я уже знал, что все кончилось хорошо. Безусловно, самое глубокое чувство радости я пережил тогда, когда мне и моему товарищу Леониду Попову были присвоены высокие звания Героя Социалистической Республики Румынии и Героя Советского Союза.

Оттуда, из звездного пространства я вернулся с большими впечатлениями. Их так много, что даже не знаешь, с чего начать. Может быть, с того, как выглядит наша планета с высоты космической орбиты? Вид оттуда — фантастический! У тебя все время такое чувство, что ты пролетаешь над огромной, совершенно необычной картой, у которой непривычные контуры, краски и условные обозначения, являющиеся на самом деле настоящими морями, горами, реками. Все предстает в других измерениях. Горы, а я видел Кордильеры, Альпы, Карпаты, Кавказ, Гималаи, кажутся с высоты сотен километров маленькими, теряют свое величие. Земля, увиденная оттуда, из космоса, имеет чрезвычайно разнообразную окраску. Например, бескрайние аргентинские равнины похожи на колоссальную мозаику, которая состоит из сотен параллелограммов, прямоугольников, квадратов и т. д. различной величины, разных цветов. В океанах различаются всевозможные оттенки голубого и синего цветов вплоть до темно-синего, почти черного в зонах больших глубин. Острова на юге Тихого океана окружены ореолом бирюзового цвета. Что еще сказать? Ах да, Сахара кажется цвета кофе с молоком, то там, то тут красновато-кирпичные пятна горных массивов.

Космонавты имеют пространственное представление об атмосферных явлениях, и кажется, что оттуда я бы даже осмелился дать метеорологическую сводку. Говоря серьезно, я хотел бы подчеркнуть безусловную целесообразность изучения атмосферы из космического пространства. Во время полета мне представился случай увидеть, как формируется циклон, как выглядит буря, пронесшаяся над Сахарой или над Америкой.

Орбитальный комплекс «Салют-6» — «Союз Т-4» — «Союз-40» — это огромное достижение советских ученых, инженеров, техников, а также специалистов из других социалистических стран, вносящих свой вклад в выполнение программы «Интеркосмос». Румыния участвует в этой про-

СТО ЛЕТ НАЗАД

ГЕРМАНИЯ. В военной дармштадской газете сообщалось, что офицеры инженерного корпуса предпринимают ряд опытов фотографических съемок местности с аэростатов. До сих пор такие попытки производились лишь с несвободного аэростата, то есть удерживаемого посредством каната над снимаемой местностью, следовательно, на высоте незначительной, весьма недостаточной для обеспечения аэростата от ружейного огня. В новых опытах съемки производятся со свободного аэростата и с гораздо бóльших высот. Надеются достигнуть получения удовлетворительных изображений местности, работая с высоты около версты в продолжении секунды. аэростата на такой высоте за эти нибудь существенно повлиять ...

Установка ракеты-носителя с кораблем «Союз-40» на стартовое устройство

грамме аппаратурой и приборами, в которых воплощены мысли и творческие способности румынских ученых, рабочих и техников.

Что я мог бы сказать о жизни в «космическом доме»? Мы жили и работали там, подобно экипажу научно-исследовательского судна, находящегося, скажем, среди океана, но, разумеется, со своими особенностями: невесомость, изоляция, микроклимат и т. д. Подъем в 8 часов, затем гимнастика и утренний туалет. Здесь следует сказать, что в орбитальном комплексе имеются всякого рода тренажеры и приспособления для поддержания нормального физического состояния космонавтов, а также соответствующее гигиеническое оборудование. Вместо умывания мы употребляли увлажненные салфетки, пропитанные дезинфицирующими веществами. В космосе нельзя использовать воду для мытья: если ее сжать в кулаке, то она становится, как ртуть (только невесомая) и, как пузырь, плавает в пространстве, если же ею брызнуть в лицо, то она превращается во множество мелких капель, которые затем надо собирать полотенцем. После туалета мы завтракали и приступали к работе.

Питались мы как и все люди: хлебом, молоком, фруктами и т. д. На борту есть несколько специальных электропечей для подогрева пищи, находящейся либо в тюбиках (пастообразные супы и т. д.), либо в консервных банках (готовое жаркое, паштеты, сосиски и пр.). Их подогревают, открывают и едят, проявляя большую осторожность и не роняя крошек, поскольку их нельзя подмести веником! Употребляется также сублимированная, обезвоженная еда. У нас был значительный запас сладостей и десертов, в том числе упоминавшихся фруктов. В целом стол был богат и разнообразен.

Еще в период тренировок между нами, Леонидом Поповым и мной, установились близкие душевные отношения. Мы хорошо понимали друг друга, что сочеталось с взаимозаменяемостью в работе. В космическом пространстве ощущаешь бóльшую, чем на Земле, потребность сближения с твоими товарищами. Я могу сказать, что за время нашей жизни и работы в космосе у меня с моими советскими коллегами Поповым, Коваленком и Савиных завязалась прочная дружба.

Обширная программа исследований и экспериментов, осуществлявшаяся во время космиче-

Космонавты В. В. Коваленок (он зафиксировался между резиновыми тягами беговой дорожки), Д. Прунариу и В. П. Савиных на борту орбитального комплекса «Салют-6» — «Союз Т-4» — «Союз-40». Фото Л. И. Попова

Румынский прибор «Стабил», применявшийся в эксперименте «Информация» для определения влияния факторов космического полета на взаимодействие глаза-руки

Румынский прибор «Риск», применявшийся в эксперименте «Информация» для определения влияния риска на работоспособность космонавта

ского полета, — результат плодотворного румыно-советского научного сотрудничества. Она включает экспериментальные исследования, представляющие большой интерес с точки зрения научно-технического прогресса, направленные на углубление знаний в таких областях, как химия, космическая физика, технология материалов, биология, медицина. В разработке аппаратуры для исследований и их методологии участвовали авторитетные научные институты нашей страны: Институт химических исследований, Центральный институт физики, Институт ядерной физики и техники, Институт изотопной и молекулярной технологии из Клужа-Напоки, Институт нормальной и патологической физиологии им. Даниеля Даниелополу, Центр авиационной медицины, Медико-фармацевтический институт и т. д.

Среди основных исследований, проведенных нашим экипажем за семь суток работы в космической лаборатории, в первую очередь можно назвать эксперимент «Астро». Его цель — изучение ионного состава, процессов взаимодействия тяжелых заряженных частиц, определение заряда и получение энергетических спектров этих частиц, выявление новых форм существования ядерной материи. Электромеханическая система, предназначенная для управления подвижным детектором, создана Центральным институтом физики в Бухаресте и по своим технологическим показателям (высокий уровень миниатюризации компонентов, большая надежность и низкий расход энергии) соответствует мировому уровню. Эксперимент «Астро» проводился с помощью двух приборов: «Астро-1», установленного в шлюзовой камере станции «Салют-6» (он использовался для регистрации космических излуче-

Главный зал Центра управления полетом во время пресс-конференции советско-румынского экипажа с борта комплекса «Салют-6» — «Союз Т-4» — «Союз-40»

ний без искажений, вносимых стенками станции) и «Астро-2», размещенного внутри станции (четыре блока пластических детекторов и контрольная электромеханическая система, обеспечивающая локализацию положения станции в момент регистрации каждой частицы). Детекторы, облученные в космическом пространстве, были возвращены для дальнейшей обработки и исследования в наземных лабораториях. Основной научный интерес эксперимента «Астро» состоял в возможности выявления в космическом излучении новых форм ядерной материи, например, не полностью ионизированных атомов или ядер с большим количеством нейтронов. Помимо научной информации из области астрофизики, релятивистской ядерной физики, физики тяжелых ионов, которая будет получена в результате обработки возвращенного на Землю материала, важность этого эксперимента определяется еще и техническими решениями, которые возникнут на его основе и будут способствовать разработке новых подходов к конструированию приборов с высокими рабочими характеристиками (имеются в виду надежность, габариты, энергоемкость) для использования в наземных условиях.

В эксперименте «Капилляр-1», который разработан учеными и специалистами Института физики и технологии радиационных аппаратов, входящего в состав Центрального института физики, в сотрудничестве с учеными Москвы, впервые в истории космических исследований был использован эффект капиллярности при

Космический корабль «Союз-40». Фото В. В. Коваленка и В. П. Савиных с борта комплекса «Салют-6» — «Союз Т-4»

получении монокристаллов заданного профиля, предназначенных для аппаратуры с высокими техническими показателями. Эффект капиллярности изучался на чистом германии и германии, легированном галлием, в матрице молибдена. Подобные исследования направлены на получение в условиях невесомости монокристаллов различной формы, которые, возможно, будут применяться на космических кораблях. Так, ленту из кремния можно было бы использовать при монтаже в космосе солнечных панелей.

Не менее важен эксперимент «Нановесы», в котором изучалась стабильность тонкой защитной пленки из двуокиси кремния, наносимой на поверхность, находящихся с внешней стороны космического комплекса активных оптических элементов. Специальный прибор с большой точностью (10^{-10} г) и высокой чувствительностью измеряет массу пленки, нанесенной на поверхность датчика с кварцевым резонатором. При разрушении защитной пленки меняется частота колебаний кварцевого резонатора; она измеряется прибором и затем передается на Землю. В результате успешного проведения этого эксперимента получена полезная информация, которая может способствовать изысканию новых технических решений, в частности совершенствованию солнечных элементов и продлению срока их службы.

Продолжением серии радиационно-физических исследований, проводившихся в рамках программы «Интеркосмос» на борту искусственных спутников «Космос-690, -782, -936 и -1129» и станции «Салют-6», стал эксперимент «Биодоза». Он был направлен на измерение потоков и спектров тяжелых частиц космического излучения, интегральных доз излучения околоземного, солнечного и галактического происхождения. «Биодоза» — это комплексный эксперимент, который практически состоял из двух экспериментов, названных «Интеграл» и «Мини-доза». Цель

Парашют и спускаемый аппарат корабля «Союз-40» после приземления

Д. Прунариу расписывается на спускаемом аппарате корабля «Союз-40» после завершения советско-румынского полета

первого — измерение потоков и спектров тяжелых космических ядер в различных точках жилого отсека орбитальной станции. Пластические детекторы, использовавшиеся в этом эксперименте, были возвращены на Землю, где на основе аналогичных наземных измерений проводился анализ собранных данных. Во втором эксперименте определялось воздействие излучений радиационных поясов Земли. Он позволил лучше изучить околоземное радиационное поле и его вариации во времени и пространстве, точнее оценить риск облучения при выполнении пилотируемых космических полетов.

Эксперименты биомедицинского характера под названием «Миокард» способствовали изучению динамики процессов, происходящих в сердечно-сосудистой системе космонавта на борту станции. Аппаратура, полностью разработанная румынскими специалистами, одновременно регистрировала частоту пульса и электрокардиограммы членов экипажа в различных условиях. Эта аппаратура и в будущем может быть использована для тестирования сократительной способности сердечной мышцы и выносливости человека при продолжительных нагрузках.

Цель эксперимента «Рео», предложенного румынскими специалистами и подготовленного совместно с советскими коллегами, — получение новых данных о процессах кровообращения. Такая информация способствует исследованию механизмов приспособления человеческого организма к невесомости.

В эксперименте «Баллисто» изучались возможности метода баллистокардиографии. Модифицированный румынскими учеными метод дополнял советские исследования 1980 г., когда на борту орбитальной станции «Салют-6» регистрировались баллистокардиограммы космонавтов Л. Попова и В. Рюмина. Полученные результаты важны как с фундаментальной, так и с прикладной точек зрения. Фундаментальность этих исследований определяется тем, что баллистокардиография в условиях космоса позволяет регистрировать изменение человеческого тела, обусловленные динамикой сердечно-сосудистой системы, исключив влияние сил земного притяжения. Вместе с тем, поскольку тело свободно плавает в невесомости, нет необходимости использовать специальные поддерживающие устройства. Подобные исследования говорят о целесообразности использования баллистокардиографии в качестве диагностического метода на Земле. Прикладной интерес связан с тем, что регистрация баллистокардиограммы позволяет изучать сердечную функцию в разные периоды космического полета. Собранная в этом эксперименте информация важна для более точного изучения кардиодинамических изменений, возникающих в результате перераспределения крови в условиях невесомости, а также для определения допустимых физических нагрузок на космонавтов. В эксперименте «Анкета» изучалась симптоматика и анамнез вестибулярных нарушений во время полета.

Интересный и оригинальный эксперимент, названный «Информация», разработали румынские психологи Центра авиационной медицины. В нем изучалось влияние специфических факторов космического полета (большие нагрузки на различных этапах, невесомость, высокая ответственность, чувство опасности) на психическую деятельность человека (на способность воспринимать и обрабатывать информацию, принимать решения, на координацию движений, эмоциональное равновесие, изменение психического тонуса).

В эксперименте «Иммунитет», разработанном совместно румынскими и советскими специалистами, исследовалось воздействие условий космического полета на активные биологические вещества, влияющие на антивирусную защиту и иммунитет космонавтов.

В целом исследования, эксперименты, визуальные наблюдения экипажа внесли свой вклад в процесс познания окружающего мира, продемонстрировали новые возможности в области материаловедения, лазерной техники, солнечной энергетики, биологии, медицины и т. д. Мы собрали богатый урожай научной информации и данных, которые будут проанализированы, обработаны и, наконец, систематизированы в соответствии с первоначально поставленными целями.

Советско-румынский полет вписал новую страницу в богатую летопись традиционной румыно-советской дружбы, плодотворного, всестороннего сотрудничества между румынским народом и народами Советского Союза.

Владимир Алексеевич КРАТ
(р. 1911) — астрофизик, доктор физико-математических наук, член-корреспондент АН СССР, заведующий отделом физики Солнца Главной астрономической обсерватории АН СССР, член Международного астрономического союза.
Родился в Ульяновске (бывший Симбирск). В 1932 г. окончил физико-математический факультет Казанского университета им. В. И. Ульянова-Ленина.
В 1936 после окончания аспирантуры в Энгельгардтовской астрономической обсерватории защитил диссертацию на степень доктора физико-математических наук на тему «Проблема развития тесных двойных звезд».
С 1938 и до настоящего времени работает в Главной астрономической (Пулковской) обсерватории АН СССР сначала в должности старшего научного сотрудника, затем заведующего отделом (астрофизический отдел, после войны — отдел физики Солнца). С 1964 г. по 1979 г. он был одновременно и директором обсерватории.
В 1972 был избран в члены-корреспонденты АН СССР по отделению общей физики и астрономии.
В. А. Крат инициатор и руководитель работ, проводимых в СССР по новой отрасли астрономии — стратосферной астрономии. Он автор более 150 опубликованных работ и изобретений. Среди них монографии: «Проблемы развития тесных двойных звезд», «Фигуры равновесия небесных тел», «Стратосферная астрономия» (с Л. М. Котляром).

Валентин Викторович КАСИНСКИЙ
(р. 1938) — астрофизик, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории магнитогидродинамики Солнца Сибирского института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн (СибИЗМИР) СО АН СС
Родился в Баку. В 1960 окончил физический факультет Азербайджанского государственного университета. В 1960—1961 работая в Главной астрономической обсерватории (ГАО) АН СССР, принимал участие в выборе мест для 6-метрового телескопа БТА. С 1962 работает в СибИЗМИР. В 1964 поступил в аспирантуру ГАО и в 1968 защитил кандидатскую диссертацию.
В 1965 назначается руководителем горно-солнечной экспедиции СибИЗМИР в Саянах.
С 1969 возглавляет специальную программу наблюдений магнитных полей солнечных пятен, имеющую прогностическую направленность. С 1977 он секретарь национальной Рабочей группы СССР по проекту Год Солнечного Максимума.
В. В. Касинский автор более 50 научных публикаций по проблемам «Солнце — Земля», пространственно-временного распределения солнечных вспышек магнитной гидродинамики активных образований на Солнце.

ВЛАДИМИР АЛЕКСЕЕВИЧ КРАТ
ВАЛЕНТИН ВИКТОРОВИЧ КАСИНСКИЙ

Международная программа Год Солнечного Максимума

Роль солнечной активности во многих явлениях на Земле общеизвестна. Поэтому с каждым годом не только среди астрономов, но и в кругах геофизиков и других специалистов растет интерес к тому, что происходит на Солнце. Это касается солнечных пятен, протуберанцев и в первую очередь вспышек — самого бурного проявления солнечной активности. Однако наблюдения последних, если пытаться захватить самую раннюю фазу их развития, очень трудны. Особенно сложно изучать их спектр, поскольку необходимо «поймать» даже не саму вспышку, а то место, где она только начинает развиваться. Иначе от исследователя ускользает самая ранняя фаза, а вместе с ней и причина вспышки. Поэтому наблюдать солнечные вспышки стараются коллективно и комплексно, а наблюдения Солнца проводить с большой частотой и при помощи различных инструментов, как с Земли, так и из космоса.

Научный комитет по солнечно-земной физике (SCOSTEP) Международного совета научных союзов, Международный астрономический союз (МАС), Бюро Отделения общей физики и астрономии АН СССР, Комитет по исследованию космического пространства (КОСПАР), Научный совет АН СССР по проблеме «Физика солнечно-земных связей» в 1979 г. приняли единодушное решение об использовании максимума солнечной активности 1979—1981 гг. для целенаправленных международных исследований Солнца и прежде всего — солнечных вспышек. Международная программа была рассчитана на 19 месяцев (август 1979 г. — февраль 1981 г.) наблюдений. Весь комплекс мероприятий по исследованию солнечной активности был назван Годом Солнечного Максимума (ГСМ). Анализ материалов, полученных в период ГСМ, еще продолжается.

Здесь мы кратко расскажем о проекте ГСМ, работе Саянской обсерватории Сибирского института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн (СибИЗМИР) СО АН СССР — консультативного центра по оперативной координации наблюдений среди обсерваторий СССР — и некоторых предварительных результатах, полученных в ходе реализации проекта в СССР и за рубежом.

Известно, что каждые 11 лет солнечная активность достигает своего апогея, а затем постепенно снижается до минимума. В периоды максимумов в десятки раз возрастают число и размеры пятен на Солнце (в которых концентрируются сильные магнитные поля), активизируются вспышечные процессы и резко увеличивается интенсивность электромагнитного излучения в коротковолновой части спектра (длина волны меньше 200 нм). На поверхности дневного светила появляются многочисленные факелы и флоккулы (яркие облака газа), темные волокна разделяют зоны магнитных полей противоположного знака, в самой внешней и наиболее разреженной части атмосферы Солнца — короне, нагретой до миллионов градусов, подымаются «холодные» (6000°С) висячие облака плазмы — протуберанцы.

Максимум 1979—1981 гг. по прогнозу мог уступить только знаменитому максимуму 1957—1958 гг., когда сложились амплитуды 11-летнего и более длительного 80—90-летнего циклов Солнца. Благодаря тому, что в последние годы на вооружение астрофизиков-солнечников поступила новая спектральная техника, магнитографы, большие коронографы и вакуумные телескопы, в период нынешнего максимума ученые получили уникальную возможность для исследования вспышек. Имеющееся оборудование позволяет в пределе достигать хорошего пространственного (около 1″) и временно́го (0,01 с) разрешения при наблюдениях тонких деталей и процессов на Солнце, что особенно важно для расшифровки и уточнения внутренних механизмов вспышки.

Так, в Советском Союзе в Специальной астрофизической обсерватории АН СССР действует мощный радиотелескоп «РАТАН-600» с диаметром антенны 600 м. В Крымской астрофизиче-

ской обсерватории АН СССР работает башенный солнечный телескоп с диаметром главного зеркала 100 см. Ряд научных учреждений АН СССР (ИЗМИРАН, СибИЗМИР, Пулковская обсерватория, Крымская астрофизическая обсерватория) располагает современными телескопами, оснащенными магнитографами для регистрации магнитных полей в активных областях Солнца — вероятном источнике магнитной энергии, где она накапливается перед вспышкой.

В СибИЗМИР вступил в действие автоматизированный солнечный телескоп, сконструированы новые монохроматические фильтры, настроенные на линию ионизованного бария 455,4 нм и красную линию водорода (656,3 нм), создан телескоп оперативных прогнозов для регистрации общего магнитного поля Солнца и ряд других приборов. На полигоне Бадары (Бурятская АССР) введена первая очередь крестообразного радиоинтерферометра, работающего на волне 5 см. Он состоит из 256 антенн-параболоидов.

Ряд новых инструментов и приборов для получения более точной информации о различных типах излучения Солнца в период максимума активности был подготовлен гелиофизиками ВНР, ГДР, ПНР, ЧССР, а также Англии, Голландии, США, Франции и других стран.

Для проекта ГСМ было запущено несколько космических аппаратов и спутников, проводивших наблюдения коротковолновой части спектра. Среди них — «Прогноз-8» и «Прогноз-9» (СССР), «Геос» (Европейское космическое агентство), «АСТРО-А» (Япония) и, наконец, специализированный солнечный спутник *SMM* — «Миссия солнечного максимума» (США). На этих спутниках, как правило, устанавливалась разнообразная аппаратура для получения изображения Солнца в рентгеновских и ультрафиолетовых лучах, для регистрации гамма-излучения во вспышке, заряженных и ускоренных частиц космических энергий, солнечного ветра и межпланетного магнитного поля.

Комбинирование наземных и спутниковых данных позволяет получить более полную «объемную» картину развития солнечных процессов, определить последовательность и причинно-следственную связь явлений на разных ярусах атмосферы Солнца от видимой ее части — фотосферы до расстояний в шесть радиусов Солнца (4,2 млн. км).

Основные научные задачи проекта ГСМ

При возникновении солнечных вспышек — явлений, похожих на гигантские взрывы или извержения, выделяется огромное количество энергии, доходящее иногда до 10^{31}—10^{32} эрг. Для сравнения укажем, что наиболее мощные, катастро-

Автоматизированный солнечный телескоп (слева) и бо шой коронограф (на заднем плане) Саянской обсервато рии СибИЗМИР

фические землетрясения характеризуются эне гией всего лишь порядка 10^{24} эрг. Очевид что мощная солнечная вспышка представл собой катаклизм космического масштаба. О сопровождается ударными волнами в коро Солнца и межпланетной среде, выбросом масс ных (10^{15} г) облаков плазмы, всплесками ради ультрафиолетового, рентгеновского и гам излучения. В видимой области спектра усилен свечения происходит главным образом в с ктральных линиях водорода, ионизованно кальция и других металлов.

Первую вспышку удалось пронаблюдать с в 1859 г. с помощью прибора, выделявш узкую монохроматическую (красную) линию дорода. Впоследствии вспышки были замечен линиях излучения гелия, натрия, кальция и др гих элементов. Это очень яркие образования раскаленных газов (плазмы), занимающие солнечном диске площади от 10^8 до 10^9 км² среднем примерно 50 площадей сечения земно шара по экватору).

В XIX в. было обнаружено, что вспышки Солнце сопровождаются рядом геофизичес явлений: колебаниями магнитной стрелки, м нитными бурями и полярными сияниями. В ин время мощные вспышки нарушают радио- и те фонную связь, значительно снижают радиоло ционную видимость, приводят к перебоям системах автоматики нефте- и газопроводов т. д. Имеются веские основания считать, периоды повышенного числа вспышек способ повлиять на климатические условия на Зем Замечено воздействие вспышек на биосистем человека. Их воздействие на верхнюю атмосф Земли и ближний космос еще более очевидно.

Поток космических лучей от «протонны вспышек представляет серьезную радиационн опасность для космонавтов, что при современ длительных полетах в космос требует соверш

Наклонный вакуумный телескоп Байкальской астрофизической обсерватории СибИЗМИР. Предназначен для получения крупномасштабных снимков Солица с высоким разрешением

Большой коронограф (системы Г. М. Никольского) на Горной астрономической станции Главной астрономической обсерватории АН СССР (Кисловодск). Такими однотипными инструментами оснащен ряд советских и зарубежных обсерваторий

ствования службы «солнечной погоды» и надежного прогнозирования наиболее мощных вспышек.

Помимо большого прикладного и практического значения, которое имеет изучение вспышек, раскрытие их физического механизма представляет огромный теоретико-фундаментальный интерес. Дело в том, что Солнце для нас — это гигантская космическая лаборатория, где природа, «экспериментируя», сталкивает мощные магнитные поля (1000—4000 Э) протяженностью до 100 000 км с высокотемпературной (десятки миллионов градусов) плазмой. Сегодня такой эксперимент в наземных условиях поставить нельзя. Однако он может оказаться очень важным в связи с проблемой управляемых термоядерных реакций.

Согласно современным воззрениям, источник энергии вспышек — магнитное поле активной области или пятен на Солнце. В какой-то мере это подтверждается проведенными за последние 20—30 лет наблюдениями локальных магнитных полей с помощью специальных приборов — солнечных магнитографов. Магнитограф, принцип работы которого основан на эффекте Зеемана (эффект расщепления спектральных линий в магнитном поле), способен за 5—10 минут получить карту магнитного поля активной области. Обычно речь идет о продольном поле — слагающей напряженности вдоль луча зрения земного наблюдателя.

Теоретические расчеты подсказывают две возможности накопления свободной магнитной энергии в солнечной плазме. Оно происходит либо в нейтральном токовом слое высоко над активной областью в короне, либо в более низких арочных структурах силовых линий, обладающих так называемой бессиловой конфигурацией. Существует множество моделей и гипотез, основанных на этих двух альтернативных вариантах, но все они постулируют активную роль магнитного поля, энергия которого преобразуется в энергию вспышки. Однако пока нет прямых доказательств уменьшения энергии магнитного поля после вспышки*. Поэтому не следует исключать из рассмотрения и те модели, в которых магнитному полю отводится пассивная роль — роль накопителей волновой энергии, энергии частиц, для которых магнитные конфигурации — магнитные петли, часто имеющие вид «бутылок», могут служить своеобразными ловушками-накопителями.

Ключевая проблема при исследовании вспышек — это обнаружение метастабильных предвспышечных конфигураций магнитного поля, изучение их конкретного вида и их классификация.

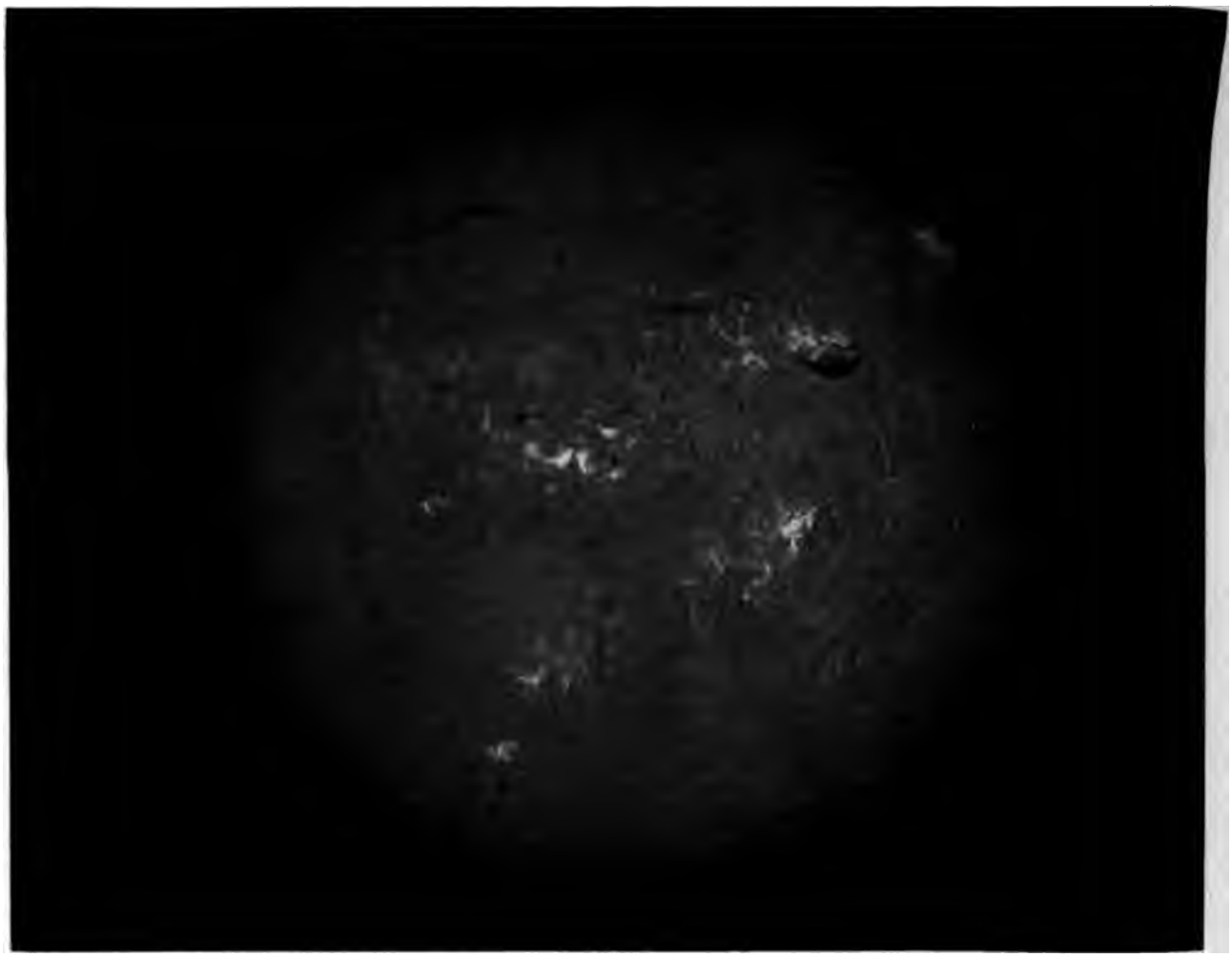
С этой целью были выдвинуты три основные задачи проекта ГСМ: изучение процесса накопления магнитной энергии (подпроект *FBS*), изучение механизма высвобождения энергии (подпроект *SERF*) и исследование возмущений от вспышки в межпланетном пространстве (подпроект *STIP*). Остановимся подробнее на первых двух из них.

Накопление энергии перед вспышкой

Статистические исследования вспышек показывают, что чем больше мощность вспышки, тем

---

* Единственный наиболее надежно установленный факт — уменьшение градиентов магнитного поля после вспышки, общее упрощение конфигурации нулевой линии продольного поля и выталкивание локальных максимумов магнитного поля — «холмов» в стороны от вспышки (исследования выполнены в Крымской астрофизической обсерватории под руководством академика А. Б. Северного).



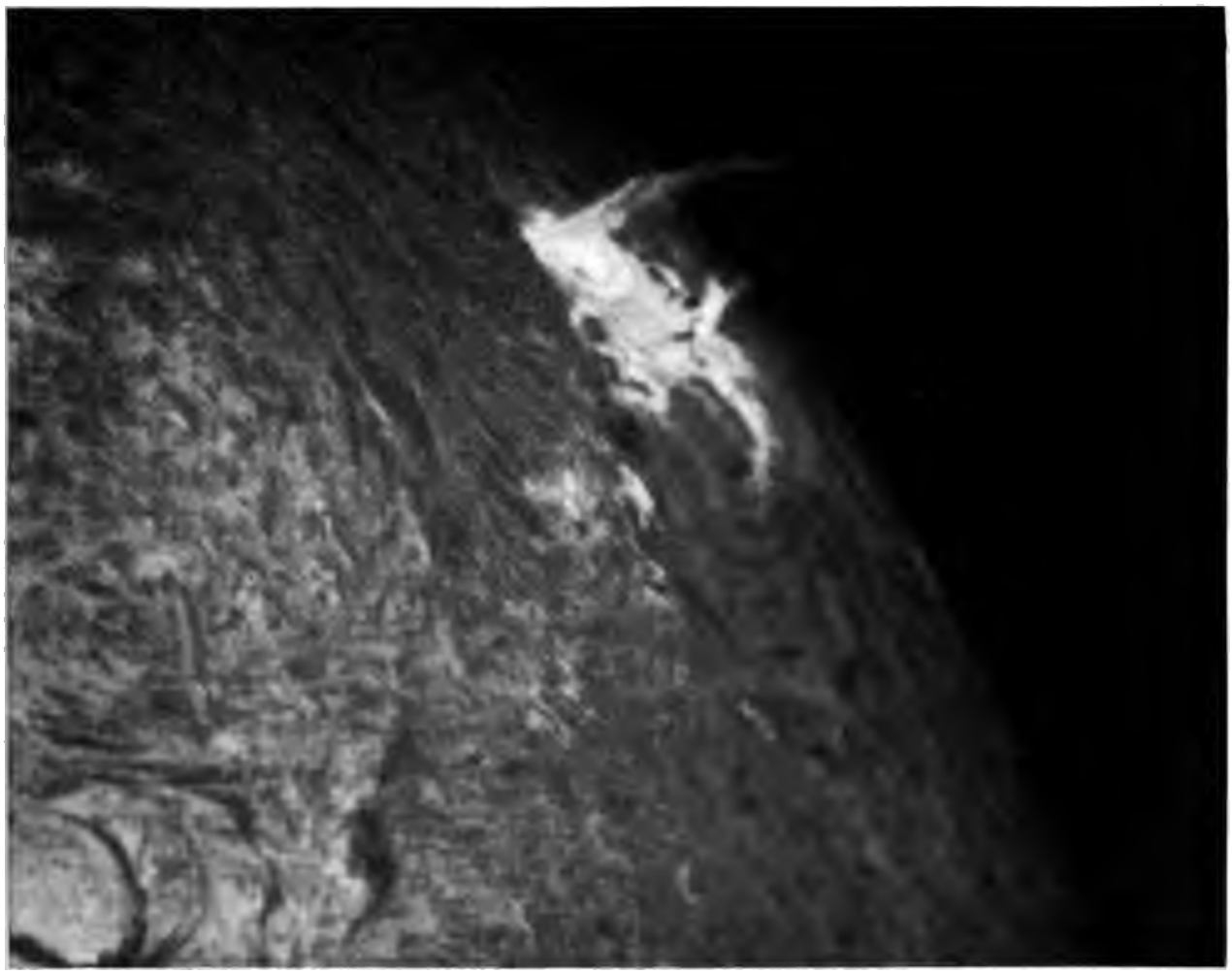
Хромосфера Солнца в лучах красной линии водорода (26 августа 1980 г.). Видны темные волокна и пятна, яркие флоккулы, а также солнечная вспышка на лимбе. Фото *SOON (Solar Observing Optical Network)*

больше времени пройдет до момента следующей подобной вспышки в том же магнитном центре. Поскольку существуют, как уже говорилось, две теоретические возможности накопления свободной энергии в токонесущем магнитном поле (токовый слой и бессиловая конфигурация), то наблюдения должны определить, какому из этих типов соответствует предвспышечная конфигурация поля.

Временной интервал накопления энергии перед средней вспышкой может длиться несколько часов.

Эволюция же активной области к вспышечно-продуктивной конфигурации может занимать несколько суток. Поэтому для понимания процесса накопления магнитной энергии требуются многочасовые и круглосуточные наблюдения одной и той же области на Солнце, которые возможны только при кооперации обсерваторий всего земного шара. Другая трудность связана с необходимостью отделить изменения поля, которые ведут к вспышкам, от обычных эволюционных вариаций, происходящих каждый день. Это требует достаточно коротких промежутков времени между наблюдениями и хорошего разрешения (около 1″) фотосферных и хромосферных деталей Солнца.

Перед многими вспышками наблюдается так называемое явление предшественника — непрерывный медленный нагрев плазмы, проявляющийся в сантиметровом и миллиметровом радиодиапазоне, а также в красной линии водорода (хромосферного происхождения), в ультрафиолетовой и мягкой рентгеновской областях. У предшественника темное волокно, наблюдаемое в упомянутой линии и разделяющее холмы поля противоположной полярности, начинает активизироваться и «взрывается» в том месте, где будет вспышка. Ключевой вопрос здесь — означает ли эрупция (взрыв) темного волокна проявление той или иной токовой неустойчивости?



Тонкая структура хромосферы и солнечная вспышка (крупный план фрагмента предыдущего снимка). Видны яркое вещество вспышки и выброс массы в верхние корональные слои. Фото *SOON*

Наблюдения магнитных полей и радиоизлучения показывают, что нижележащие магнитные поля начинают изменяться (пока только неясно, каким образом эти изменения разрушают всю конфигурацию). Наблюдения рентгеновского излучения нетепловой* природы должны дать ответ на вопрос, существуют ли ускоренные частицы уже в период предшественника. Наблюдения в ультрафиолетовом и рентгеновском диапазонах со спутников и космических аппаратов, несомненно, несут здесь большую информацию, но без наземного оптического обеспечения невозможно «увязать» эту информацию с меняющейся магнитной структурой в фотосфере, которая определяет конфигурацию поля во всех внешних слоях атмосферы Солнца. Таким образом, только комбинация результатов наземных оптических и радионаблюдений со спутниковыми данными позволяет решать вопрос о накоплении энергии во вспышке комплексно.

* Тепловое излучение в отличие от нетеплового испускается веществом, находящимся при определенной температуре, за счет его внутренней энергии.

Освобождение энергии — импульсная фаза вспышки

Эта начальная фаза вспышки характеризуется появлением ускоренных электронов и протонов и, как показывают исследования в рентгеновском диапазоне, является нетепловой по своей природе. Следует отметить, что, несмотря на более чем столетний период наблюдений вспышек (включая наблюдения последних лет на высотных ракетах и космических аппаратах), в вопросе о высвобождении энергии остается много неясного.

Основная проблема энергетики вспышек, без сомнения, следующая: каким образом Солнце высвобождает огромное количество энергии (до 10^{29} эрг/с) в течение значительных промежут-

ков времени (длительность вспышки порядка 1000 с) на площади, не превышающей 10^{19} см^2. Хотя накопление энергии в исходных магнитных полях теоретически возможно, тем не менее не ясно, каким образом в процессе перестройки полей может выделяться энергия в течение столь длительного интервала.

Другой важный вопрос касается локализации мест, где высвобождается энергия вспышки. Нас интересует, во-первых, где они находятся — в короне (токовый слой), хромосфере, фотосфере или еще ниже под фотосферой, в глубоких слоях, и, во-вторых, каков их характерный размер: порядка секунд дуги, или он существенно меньше (что соответствует быстрому протеканию процесса), или же намного больше (что соответствует большой мощности выделения энергии).

По существу, проблема высвобождения энергии неопределенна по своей постановке: мы не знаем, уносится ли основная часть этой энергии макроскопическими выбросами массы или она тратится на нагрев нижних слоев хромосферы и фотосферы. Какой из механизмов нагрева нижних слоев — быстрые (ускоренные) электроны, теплопроводность, ударный фронт — играет ведущую роль?

Эти и многие другие вопросы были поставлены на рабочем совещании по механизмам высвобождения энергии во вспышке (февраль 1979 г., Кембридж, США), на котором советские специалисты выступили с объединенным теоретическим докладом. Внимание участников привлекала проблема, касающаяся последовательности событий во вспышке. В результате был сформулирован ряд конкретных вопросов, требующих своего решения в рамках подпроекта *SERF*, и в частности такие:

предшествует ли явление «белой» вспышки, видимой в обычном свете, некоторым типам всплесков жесткого (коротковолнового) рентгеновского излучения;

достаточно ли синхронны кривые рентгеновского и ультрафиолетового всплесков для того, чтобы можно было считать механизм возбуждения последнего нетепловым;

является выброс массы во вспышке следствием или же причиной высвобождения первоначальной магнитной энергии.

В результате обобщения этих и многих других вопросов были разработаны 22 типа целенаправленных наблюдений, или «мини-кода», которые были разосланы всем обсерваториям и стали исходными при выборе тех или иных режимов наземных наблюдений. Мини-программы существенно облегчили координацию наземных и спутниковых наблюдений вспышек.

Практически это происходило следующим образом. Во время «алерта» (тревоги) ГСМ в СибИЗМИР постоянно работала группа сотрудников, занимавшаяся сбором, анализом и оценкой поступающей информации. На базовой Саянской обсерватории, расположенной в 300 км от Иркутска, постоянно велись обзоры Солнца и регистрировались магнитограммы активных областей. В течение дня оперативно оценивалась обстановка на Солнце, и в 16 часов местного времени из Иркутска посылалась в адрес координационных центров (Франция, США) по системе оповещения Гидрометцентра СССР телеграмма, содержащая рекомендации по наблюдению солнечных объектов. По этому же каналу осуществлялась ответная синхронизация работ всех советских обсерваторий с помощью вышеупомянутых «кодов», согласованных со спутниковой программой наблюдений.

Внеатмосферные наблюдения (спутник *SMM*)

Спутник *SMM* (целевой спутник проекта ГСМ), запущенный 14 февраля 1980 г., предназначался в первую очередь для наблюдений в той части электромагнитного спектра, которая не регистрируется наземными телескопами. По команде

СТО ЛЕТ НАЗАД

МОСКВА. Чтобы проследить связь между извержениями на Солнце и полярными сияниями, необходимы самопишущие снаряды: одни, следящие за солнечной поверхностью, другие — за магнитной стрелкой.
Если эта связь будет доказана как несомненно существующая, как причинная, то этим будет доказано, что Солнце есть один из главных источников электричества на Земле. Такое влияние Солнца на Землю — не из тех, которые приходится обнаруживать тончайшими, чувствительнейшими приборами: оно от времени до времени бьет в глаза.
Тогда мы будем иметь факт в добавок к уже имеющимся, — факт весьма веский в пользу устанавливающегося взгляда, что та отталкивательная сила Солнца, под действием которой развиваются хвосты у комет, есть электричество.

Из сообщения проф. А. А. Белопольского на 43-м заседании отделения физических наук Общества любителей естествознания

АНГЛИЯ. А глазговском обществе наук знаменитый английский физик В. Томсон сделал сообщение по весьма знаменательному вопросу: о силе света, испускаемого различными естественными и искусственными источниками. Еще Пулье определил, что теплота, получаемая ежегодно Землею от Солнца, могла бы расплавить покрывающий всю Землю слой льда толщиною в 14 сажен. Более новые наблюдения показывают, впрочем, что эти цифры должны быть еще увеличены. Оказывается, что квадратный дюйм Солнца испускает теплоту, соответствующую 50 л. с. Томсон пришел к заключению, что сила света Солнца примерно в 70000 раз больше света Луны, то есть если бы на небесном своде могли поместиться 70000 таких светил, как Луна во время полнолуния, то ночь превратилась бы в день.

«Нива»

Эволюция мощной двуленточной вспышки в лучах красной линии водорода (21 мая 1980 г.). Белые пятна — наиболее яркие основания вспышечных арок и ядро вспышки (температура порядка 10^7 К); красные структуры соответствуют меньшей температуре (10^5К). Снимки получены с интервалом 9 мин. Фото НАСА — Центр им. Р. Годдарда

с Земли спутник нацеливался на те активные области Солнца, за которыми следили по согласованной программе все участвующие в реализации проекта обсерватории. Активные области выбирались по рекомендациям нескольких центров: координирующего центра подпроекта *FBS* в Медоне (Франция), консультативного центра СибИЗМИР (СССР) и др.

На спутнике было установлено семь телескопов различного назначения, перекрывавших почти весь диапазон излучения вспышек от 0,16 до 656,3 нм. Кроме того, на нем регистрировалось нетепловое гамма- и рентгеновское излучение в диапазоне энергий от 3,5 кэВ до 160 МэВ. Комплект телескопов обеспечивал высокое временно́е разрешение деталей Солнца, недоступное при наблюдениях с Земли. Точность наведения составляла 1″ в ультрафиолетовой и 8″ в рентгеновской областях спектра. Регистрация рентгеновских всплесков проводилась с точностью 0,01 с, а измерение солнечной постоянной, характеризующей лучистую энергию Солнца, с недостижимой ранее точностью порядка 0,1%.

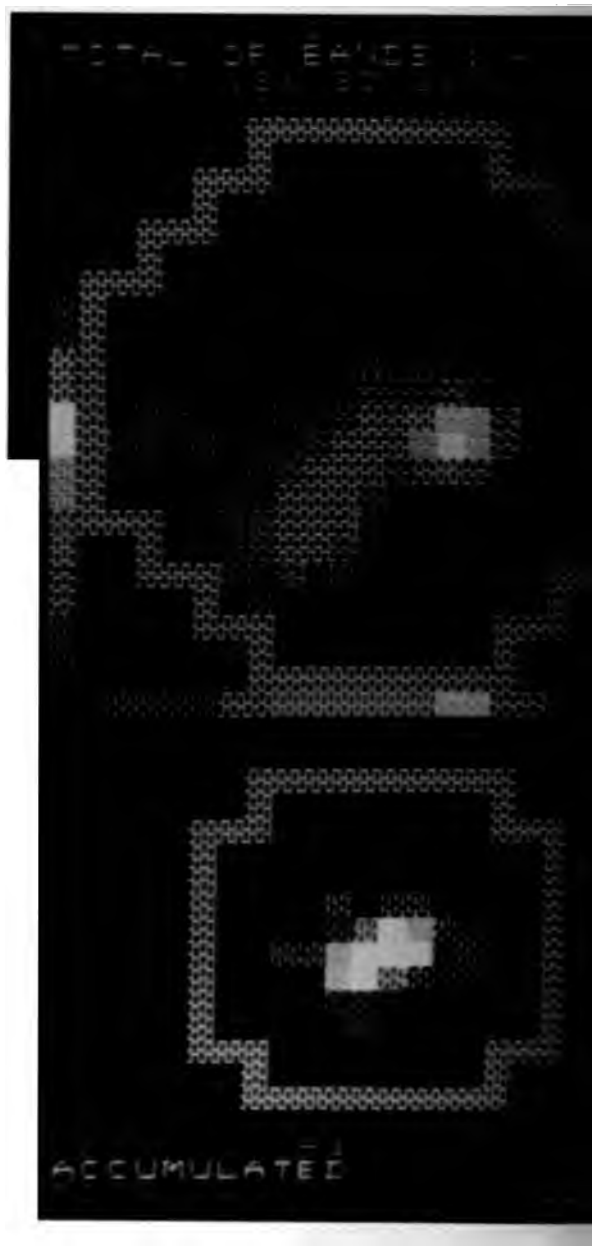
Аппаратура спутника работала в такой последовательности. Сигнал о начале «плазменного взрыва» — вспышки на Солнце сначала поступал в спектрометр, строивший изображение в жестком рентгеновском диапазоне. Прибор с экспозицией 1,5 с делал «мгновенные снимки» быстрых рентгеновских всплесков в шести независимых диапазонах энергий от 3,5 до 30 кэВ и через бортовую ЭВМ посылал сигнал на три других телескопа. Они немедленно наводились на центральную и самую интенсивную область (ядро) вспышки и делали быстрые серии снимков. Ответ на вопрос, каким образом на ранней и поздней стадиях вспышек появляются ускоренные электроны и какова их энергия, должен был дать другой прибор — спектрометр всплесков жесткого рентгеновского излучения, который каждые 0,128 с регистрировал более коротковолновое излучение в диапазоне 25—385 кэВ. Наконец, третий рентгеновский телескоп — полихроматор исследовал начальную фазу образования вспышки, когда ускоренные частицы отрывают электроны от атомов. Возникающая в результате вспышки турбулизация плазмы при температурах от 2 до 20 млн. К изучается по форме и сдвигам

рентгеновских эмиссионных линий. Полихроматор позволял проследить эволюцию горячей плазмы во времени и пространстве. Ультрафиолетовый спектрометр-поляриметр (диапазон 110—300 нм) фокусировался на областях с наиболее сильной ультрафиолетовой эмиссией и позволял получить структуру вспышки в переходной от хромосферы к короне области. Особое место отводилось гамма-телескопу. За 16 с он регистрировал весь спектр излучения от 0,3 до 160 МэВ, который возникает от столкновения очень высокоэнергичных протонов, ускоренных во вспышке, с окружающей плазмой. В противоположность всем телескопам коротковолнового спектра, направленным на диск Солнца, коронограф-поляриметр регистрировал последствия вспышечного взрыва во внешней атмосфере (короне) Солнца на расстояниях 1,5—6 солнечных радиусов. С его помощью каждые 72 с получали снимки, аналогичные снимкам полного затмения Солнца. По ним изучались свойства короны в период максимума. Особое значение здесь придавалось исследованию гигантских выбросов массы (до 10^{15} г), достигающих орбиты Земли, выяснению их причины и внутреннего механизма, а также регистрации магнитного поля.

Результаты, полученные в ходе проекта ГСМ

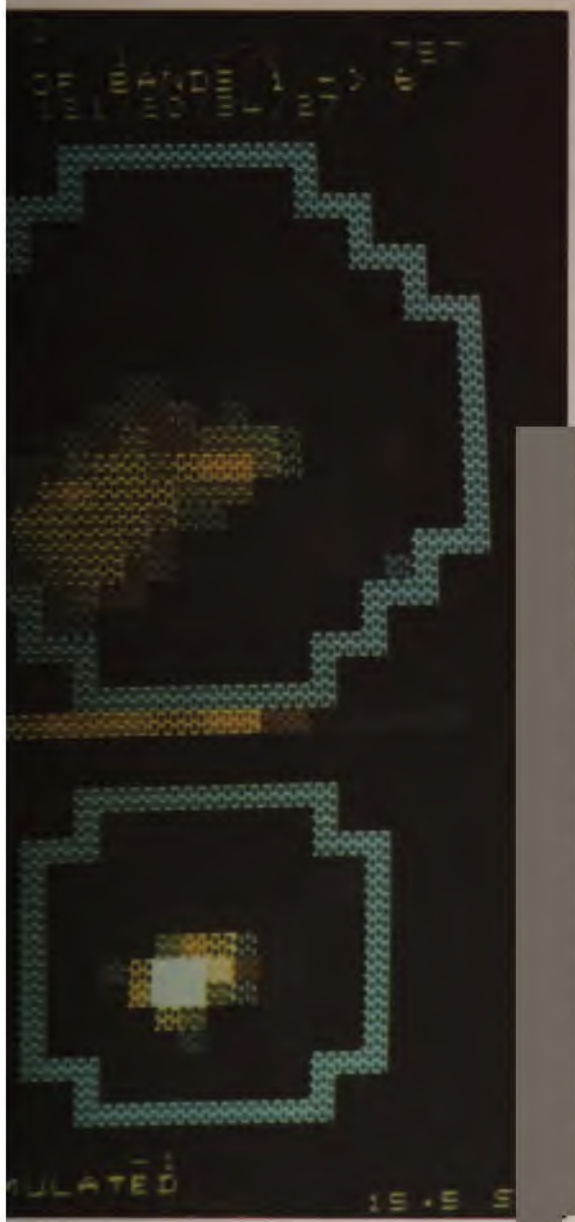
Параллельно с проведением наблюдений ученые разных стран приступили к обработке, предварительному изучению и обсуждению собранных данных. Это необходимо было сделать уже в ходе реализации проекта, поскольку последующие ее этапы корректировались с учетом первоначально полученных данных. Одной из форм изучения и обсуждения материала стали рабочие совещания, на которых участники, разделившись на тематические группы, рассматривали те или иные аспекты проблемы вспышек. В августе 1980 г. Станфордским университетом (США) была организована секция по проблеме высвобождения энергии (*SERF*), на которой обсуждались спутниковые наблюдения. На пленуме секции «Солнце» Астрономического совета АН СССР, состоявшемся в октябре 1980 г. в Кисловодске, рассматривались результаты наблюдений на советских обсерваториях. В марте 1981 г. в Крымской астрофизической обсерватории состоялось международное рабочее совещание по проекту ГСМ, в котором участвовали ученые 18 стран. Полученные результаты существенно меняют наши представления о физической картине процесса вспышки и требуют пересмотра некоторых укоренившихся представлений.

Это касается, прежде всего, проблемы нагрева плазмы и передачи энергии во вспышке. Как показали спутниковые измерения, жесткое



Активная область Солнца в рентгеновских лучах. Снимки с интервалом около 8 с получены со спутника *SMM* 30 апреля 1980 г. при помощи 6-канального спектрометра изображения. В их верхней части: поле зрения (ограничено рамкой) — 2′ 40″ × 2′ 40″ (разрешение —

рентгеновское излучение исходит из основани вспышечных магнитных петель, а не из их ве шин, где наивысшая температура. Это означае что тепловая модель вспышечных процессов, основе которой лежит представление о доминир ющей роли высокой температуры, не получи существенного подтверждения. Основной пик менный взрыв происходит в гораздо более н ких, чем считали раньше, слоях с высокой центрацией вещества. Микроволновая эмиссия, напротив, исходит из верши



8″), в нижней: поле зрения (так же ограничено рам- — 6′ 24″ × 6′ 24″ (разрешение — 32″ × 32″). Раз- ые цвета отвечают различным яркостям: наиболее яр- частки (10^6 K) — белые. Фото НАСА — Центр . Годдарда

нитных бутылок». Однако точное хрономе- ование (до 0,01 с) показало, что между рент- вским всплеском и радиовсплекском не су- твует никакого запаздывания с точностью олей секунды, которое должно было бы быть, бы и тот и другой генерировались одним и же пучком высокоэнергичных частиц. Тем не е получен ряд свидетельств в пользу гипоте- согласно которой жесткое рентгеновское чение (0,5—2,3 нм) во вспышках испуска- особо горячей плазмой с температурой $2 \cdot 10^8$ K (его спектр соответствует такой температуре) — факт, который требует своего объяснения.

Другой важный результат касается поведения поля скоростей во вспышках. Спектральные линии переходной области, ультрафиолетовые и рентгеновские линии короны уширяются во время вспышек. Например, так ведут себя резонансные линии Ca XIX и Fe XXV (восемнадцатикратно ионизованный кальций и двадцатичетырехкратно ионизованное железо), соответственно излучающие в области 0,32 и 0,18 нм. Если это уширение интерпретировать как турбулентные скорости, то они меняются от 100 (в начальной фазе) до 60 км/с. Наблюдения краевой вспышки 30 апреля 1980 г. дали значения ширины кальциевых линий, соответствующие еще большим скоростям — до 180 км/с. Это говорит о том, что нетепловой агент, который вызывает жесткое рентгеновское излучение у оснований магнитных петель, одновременно в очень сильной степени турбулизирует плазму.

Вопрос о ширине рентгеновских линий был изучен особо американскими авторами, наблюдавшими 3 марта 1980 г. активную область, которая генерировала 41 вспышку. Наиболее сильное мягкое рентгеновское излучение исходит из низких петель (плоских арок) магнитного поля. За разогрев и повышенное рентгеновское излучение в активной области, по мнению авторов, ответственны не сами вспышки, а некоторый постоянный источник нетепловой энергии, который проявляет себя в уширении рентгеновских линий. Вспышки происходят в том месте, где уже имеется повышенное рентгеновское излучение. Таким образом, источник нетепловой энергии (помимо своего глубинного характера и независимости от вспышек) обладает свойством уширять линии переходной области и короны, т. е. влиять на поле скоростей явным образом.

В связи со сказанным уместно упомянуть, что еще в 1973 г. авторами статьи была предложена гипотеза о происхождении вспышки за счет энергии «волны-цунами», локализованной в нижней и верхней хромосфере (область температурного минимума и выше). Такая волна (или серия волн) несет запас нетепловой энергии (кинетической и потенциальной) порядка 10^{30}—10^{31} эрг. При столкновении с магнитным полем, т. е. активной областью, эта энергия переходит, прежде всего, в турбулентную энергию плазмы, что приводит к уширению соответствующих линий в спектре и нагреву. Значительная часть энергии волны будет уходить в макроскопический выброс вещества хромосферы, о чем речь пойдет ниже.

Важным фактом, указывающим на глубинный характер выделения энергии в активной области и вспышках, стало обнаружение нагрева области температурного минимума хромосферы (здесь температура в спокойный период состав-

Панорамная магнитограмма активной области на Солнце в линии 525,3 нм (получена Н. В. Клочеком 13 февраля 1981 г.). Слева — шкала напряженности магнитного поля в гауссах. В группе пятен видны области северной (темные) и южной (светлые) полярности поля. Панорамные магнитограммы использовались Консультативным центром ГСМ в СибИЗМИР СО АН СССР (Иркутск) для оперативных прогнозов

ляет всего 4500 К). Эта проблема вместе с проблемой упоминавшихся «белых» вспышек, видимых в обычном свете, признаны фундаментальными вопросами физики вспышек. Таким образом, благодаря спутниковым и наземным данным существенную поддержку получают те модели и гипотезы, которые исходят из глубинной природы основного энергетического агента во вспышках, связанного с полем скоростей и глубинным прогревом. В этой связи нельзя не упомянуть о выводах советского ученого Э. И. Могилевского, предположившего, что в предвспышечный период на уровне фотосферы возникают нелинейные возмущения магнитного поля и скорости — МГД-солитоны, являющиеся источниками вспышечного процесса. Эта модель представляет интерес в связи с неожиданным обнаружением доктором Г. Зириным (Zirin, США) кратковременных (1—2 минуты) изменений знака в продольном магнитном поле фотосферы.

Интересные результаты были получены на *SMM* при исследовании импульсной фазы — фазы ускорения электронов. Продолжительность всплесков жесткого рентгеновского излучения не меньше 0,1 с. Это кладет определенные ограничения на параметры электронного пучка, предположительно ответственного за импульсную фазу: инжекция электронов либо очень низка, либо сильно анизотропна. Кроме того, несмотря на присутствие в некоторых вспышках тормозного излучения (оно возникает вследствие торможения быстрых электронов в магнитных полях), доходящего по энергии до нескольких мегаэлектронвольт, не получено строгого доказательства существования второй стадии ускорения (ускорения протонов) во вспышках. Это связывается с некоторыми особенностями нынешнего цикла

активности. Одновременно получен довольно странный результат: ионная температура остается выше электронной длительное время после начала вспышки. Согласно теории нейтрального токового слоя пучки электронов, появляющиеся в результате разрыва слоя, должны «обжигать» холодную хромосферу, т. е. электронная температура должна быть значительно выше. В этой связи не просто совпадением выглядит то, что ионная температура, выведенная по уширению рентгеновских эмиссионных линий (10^8 K), и температура, соответствующая спектру рентгеновского излучения во вспышках (о ней говорилось выше), имеют один и тот же порядок.

В рамках проекта ГСМ большое внимание было уделено вопросу о локализации мест высвобождения энергии во вспышках. Наблюдения показали, что импульсная фаза протекает в очень низких, почти «плоских» арках и аркадах магнитного поля. Более поздняя, постепенная фаза проходит выше и проявляет себя в радиоэмиссии и мягком рентгеновском излучении. Рабочая группа, изучавшая этот вопрос, пришла к «старому» выводу: первоначальное высвобождение энергии связано с дестабилизацией активного волокна-протуберанца. Об этом свидетельствует то, что еще за несколько минут до импульсной фазы красная линия водорода постепенно становится ярче. Учитывая, что темное активное волокно или по крайней мере его наиболее массивная часть лежит в нижней короне, мы снова приходим к выводу о глубинной (хромосферной) локализации первичного источника энергии во вспышке. Скорость высвобождения энергии в импульсной фазе настолько велика, что ни один из известных механизмов не может его обеспечить.

Один из важных аспектов высвобождения вспышечной энергии — соотношение между лучистым и механическим потоками энергии. Вопрос формулируется так: какая часть энергии первичного источника идет на нагрев и последующее свечение плазмы в ультрафиолетовом и рентгеновском диапазонах, а какая уходит в виде выброса плазмы (транзиента) в верхние корональные слои. Результаты эксперимента, проведенного в 1973 г. на орбитальной станции «Скайлэб», показали, что до 50% полной энергии вспышек проявляется в форме кинетической энергии транзиента. Транзиенты наблюдаются в короне на расстояниях от 2 до 6 солнечных радиусов и обладают скоростями 300—1000 км/с. Отсюда следует, что по крайней мере часть из них достигает орбиты Земли. С этим связана практическая сторона вопроса: какая доля энергии первичного агента вспышек уходит в межпланетное пространство.

Упоминавшийся коронограф-поляриметр получал по 200—250 снимков короны в день, что позволило за 52 дня наблюдений зарегистрировать 22 транзиента. Большинство из них на фотографиях имеет вид арок магнитного поля, внутри которых не видна тонкая структура. Для транзиента, зарегистрированного 7апреля 1980 г., впервые удалось получить определенное доказательство связи между его петельной структурой и источником вспышечного радиоизлучения. Магнитная арка транзиента простиралась от солнечного экватора почти до Северного полюса и имела яркое основание — «ногу» — на западе. Скорость транзиента составляла 650 км/с, масса — около 10^{16} г. Отношение плотностей тепловой энергии и магнитной — 6%. Подсчет показал, что для вспышки балла С5 (классификация рентгеновских спектров вспышек) и связанного с ней транзиента типичны следующие характеристики: энергия излучения вспышки — 10^{29} эрг; механическая энергия транзиента — 10^{30}—10^{31} эрг; энергия, заключенная в магнитном поле транзиента, — 10^{31} эрг.

Вся цепь явлений вспышка — транзиент в комплексе выглядит так: выделение энергии первичного источника в низких слоях хромосферы («плоские арки») приводит к срабатыванию многокаскадного МГД-механизма, который высвобождает еще большее количество энергии, запасенной в магнитных полях короны. При расширении этой корональной части магнитного поля (гигантские арки) часть энергии может переходить в кинетическую энергию движения транзиента и энергию радиоизлучения вспышечного типа, а часть — в энергию межпланетных ударных волн, достигающих Земли.

В итоге обсуждение результатов, полученных в рамках проекта ГСМ, позволяет нам видеть причину вспышки в грандиозном выбросе вещества (плазмы) из глубинных слоев Солнца, который на границе фотосфера — хромосфера характеризуется волновыми движениями, сопровождающимися турбулентностью. Именно такой выброс способен создавать токовые слои и приводить к частичному «выгоранию» магнитного поля, при этом главная роль принадлежит здесь магнитно-плазменному «поршню», имеющему в короне вид транзиента. Дальнейшие исследования позволят сделать окончательные выводы и прояснить физическую картину вспышки.

Авторы приносят глубокую благодарность доктору Д. Расту (*Rust*, США) из обсерватории Гринбелт за любезное предоставление некоторых материалов и фотографий.

Бернард ХОК (Hauck)
(р. 1937) — швейцарский астроном, доктор астрономии и астрофизики, профессор Лозаннского университета, сотрудник Астрономического института этого университета, член Международного астрономического союза (МАС).
Закончил колледж и университет в Женеве. В 1961 получил ученую степень лиценциата (по математике), а в 1967 — доктора. С 1969 работает в Лозаннском университете сначала приват-доцентом, а с 1975 — профессором. В 1975 был директором Астрономического института этого университета. С 1975 по 1981 — президент Швейцарского общества астрофизики и астрономии.
Основная область научной деятельности — фотоэлектрическая фотометрия звезд. Участвовал в наблюдениях на обсерваториях Швейцарии и Франции. Занимаясь проблемой спектральной классификации, в 1967 подготовил работу, посвященную трехмерному представлению звезд классов АО—G2. Впоследствии занимался звездами с пекулярным химическим составом.
Изучал связи между температурными параметрами в различных фотометрических системах, а также между спектральной и фотометрическими классификациями. Для этих целей им или с его участием был создан ряд звездных каталогов (в этой области осуществляется сотрудничество Астрономического института Лозаннского университета со Страсбургским центром звездных данных).
Участвует в работе ряда комиссий МАС. В 1976—1979 был председателем комиссии № 45 (звездная классификация), с 1979 руководит рабочей группой по астрономическим данным комиссии № 5 (документация и астрономические данные).

БЕРНАРД ХОК

Женевская фотометрическая система

Появление к концу прошлого века спектрографов, установленных на телескопах, знаменует важный этап в развитии астрофизики. С этих пор стал возможным анализ принимаемого от звезд света. Было получено большое количество спектров, и в Гарварде под руководством Э. Пикеринга была предпринята одна из самых важных в этой области работ. Между 1918 и 1924 гг. был опубликован знаменитый каталог *HD* Г. Драйпера (*Draper*), содержащий около 400 000 звезд. Каждой звезде был приписан спектральный тип. По виду линейчатого спектра звезды были распределены на классы (каждый класс обозначен буквой: O, B, A, F, G, K, M и разделен на подклассы указанием цифрового индекса, например, A5). Гарвардская классификация, по сути дела, — это последовательность, определяемая температурой: наиболее горячие звезды — звезды O.

Очень скоро обнаружилось, что звезды, принадлежащие к одному и тому же спектральному типу, иногда имеют второстепенные различия. Это происходит оттого, что две звезды одной и той же температуры могут иметь разные абсолютные звездные величины (или собственные светимости). Знаменитая диарамма Герцшпрунга—Рессела (рис. 1) это ясно иллюстрирует.

Этот факт вдохновил двух американских астрономов Т. Моргана и Ф. Кинена (*Morgan, Keenan*) на разработку двумерной спектральной классификации (система МК). Они ввели понятие класса светимости. Звездам главной последовательности был приписан класс светимости V, гигантам — III, сверхгигантам — I. Классы светимости IV и II — промежуточные.

Присвоение класса светимости проводится путем визуального анализа опять-таки линейчатого спектра на основе критериев, определенных для каждой области спектра. Аналогичным образом в Гарвардской системе спектральный тип, являющийся индикатором температуры, определяется по критериям, базирующимся на анализе линий.

Таким образом, звезда классифицированная Морганом и Киненом, получает обозначение, указывающее ее спектральный класс и класс светимости, например A0III.

Теоретическая интерпретация звездных спектров была дана позднее и опирается на работы, выполненные к 1920 г. М. Саха. Это уже количественная классификация, базирующаяся на визуальном исследовании спектров, которая использовалась с начала нашего века и применяется еще и сейчас. Здесь исследуется прежде всего линейчатый спектр, и в случае звезд, о которых пойдет речь ниже (спектральные классы A и F), этот спектр характеризуется следующими особенностями:

звезды класса A — очень сильные линии нейтрального водорода (максимум достигается у звезд A0—A3); видны линии CaII, FeII, CrII, TiII, FeI, CrI, и их интенсивность увеличивается между A0 и A9;

звезды класса F — интенсивность линий водорода сильно падает, а многочисленные линии тяжелых элементов и нейтральных и однократно ионизованных металлов становятся хорошо видимыми; очень интенсивны линии CaII.

Работы Д. Барбье и Д. Шалонжа (*Barbier, Chalonge*) 1939 и 1941 гг. ориентируют спектральную классификацию на количественные методы. Их метод использует, как говорят, глубину континуума звездной эмиссии, определенной по спектрометрической регистрограмме спектра, полученного с низким разрешением. Сначала они ввели два параметра: *D* (измеряет Бальмеровский скачок*) и λ_1-3700 (положение этого скачка). Эти два параметра позволяют сделать количественную оценку спектра звезд.

Позднее, в 1952 г. Л. Диван (*Divan*) и Д. Ша-

* В спектрах почти всех звезд наблюдаются интенсивные линии водорода, в частности серии Бальмера (в видимой области спектра), переходящей в Бальмеровский континуум. Эта серия возникает при переходах со всех энергетических уровней на второй. На границе этой серии за Бальмеровским континуумом (длина волны — около 3700 А) имеется характерная деталь — резкое падение интенсивности (Бальмеровский скачок). — *Ред.*

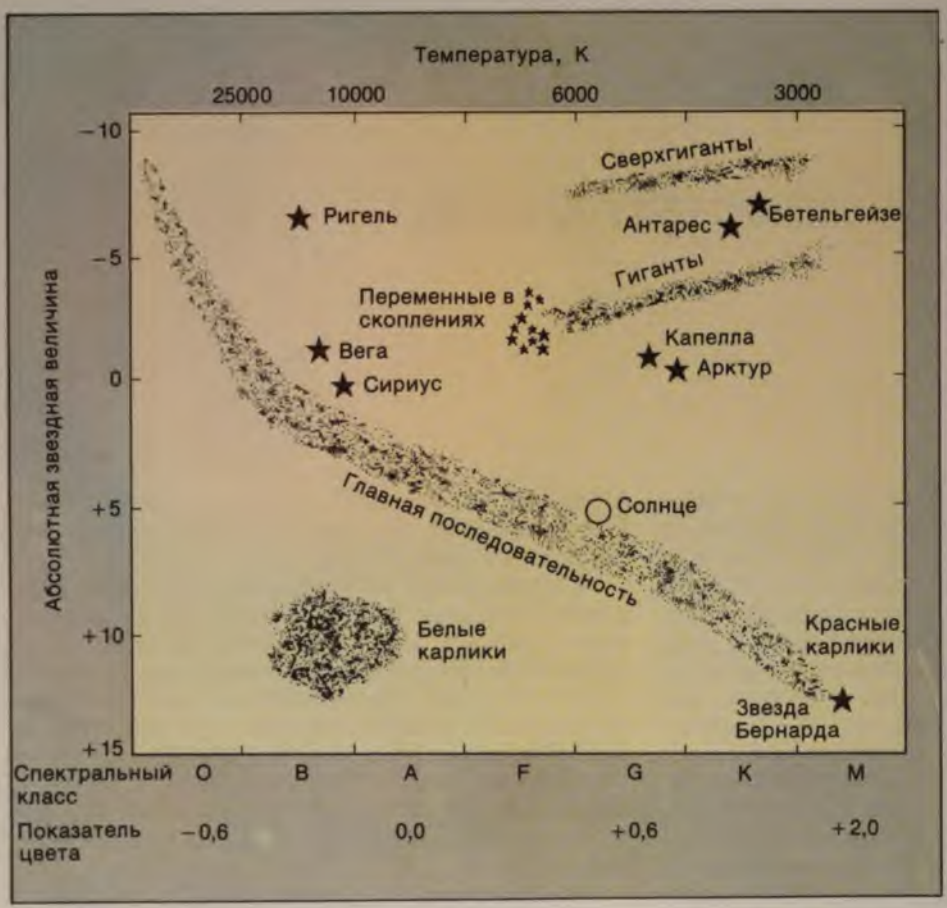


Рис. 1. Диаграмма Герцшпрунга—Рессела. Чтобы на такой диаграмме отметить точку, соответствующую звезде, необходимо знать расстояние до нее для расчета ее светимости или абсолютной звездной величины и ее спектральный класс. Звезды группируются около главной последовательности, последовательностей гигантов и сверхгигантов. Вдоль главной последовательности температура меняется: звезды высокой светимости — более горячие, малой светимости — более холодные

лонж предложили калибровать диаграмму этих параметров с точки зрения спектральных типов. Для этого они добавили третий параметр (так называемый голубой градиент), сделав представление трехмерным. С помощью трехмерного представления мы получаем возможность определить у наблюдаемых звезд эффективную температуру, светимость (или абсолютную звездную величину) и покровный эффект (см. ниже).

С помощью этой системы в 1956 г. К. Берже (*Berger*) с сотрудниками были изучены звезды с металлическими линиями, а Диван удалось распространить ее на звезды населения II*.

Следующий шаг в количественном изучении звезд A и F был сделан Б. Стремгреном (*Strömgren*), когда он предложил фотометрическую фотоэлектрическую систему, базирующуюся на четырех фильтрах: *u, v, b, y***. Стремгрен определил три важных параметра: $b—y$ (температура), $c_1=(u-v)-(v-b)$ (светимость) и $m_1=(v-b)-(b-y)$ (покровный эффект).

Система, предложенная Стремгреном, очень эффективна для звезд, более горячих, чем Солнце, но малорезультативна для более холодных звезд.

В статье 1963 г. М. Голе (*Golay*) показал, что на основе семицветной фотометрической системы можно получить двумерное распределение горячих звезд. Это послужило отправной точкой для многих важных работ по звездной фотометрии. Сначала автором статьи в 1968 г. было получено трехмерное распределение звезд, более горячих, чем Солнце (A0—G2), а десятью годами позже Греноном (*Grenon*) — и более холодных, чем Солнце.

---

* Население II составляет эллипсоидальную корону (гало) Галактики и концентрируется к ее центру; все его члены имеют большой возраст, они почти не принимают участия во вращении Галактики. Население I концентрируется к диску Галактики; в нем до сих пор продолжается звездообразование. — *Ред.*

** Представление о распределении энергии в спектре звезд можно получить, если измерять поток их излучения в различных частях спектра, пользуясь светофильтрами. Наибольшее распространение сейчас получили фотоэлектрические или фотографические методы с применением специально подобранных фильтров в сравнительно новой международной системе *И, B, V*, в которой измеряется поток в ультрафиолетовом (*И*), синем (*B*), желтом (*V*), красном (*R*) и инфракрасном (*J*) участках спектра. Существуют и другие многоцветные фотометрические системы (например, *u, v, b, y*), в которых используются названные и другие участки спектра, имеющие различные обозначения. Звездная величина, характеризующая поток излучения в некотором участке спектра («некоторого цвета»), обозначается тем же символом, что и этот участок. — *Ред.*

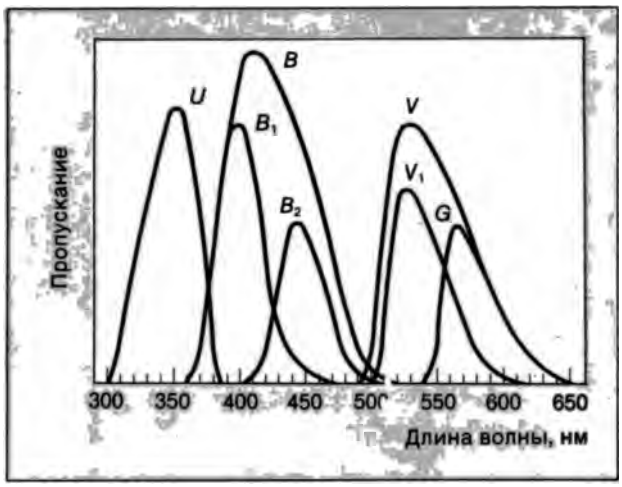


Рис. 2. Кривые пропускания семи фильтров, определяющих Женевскую фотометрическую систему

Фотометристу звездная классификация позволяет решить многие задачи: измерение Бальмеровского скачка, определение эффективной температуры и спектрального типа, а также определение у изучаемых звезд аномального содержания химических элементов в сравнении с нормальными звездами. Эта интересная проблема была поднята в работах Барбье и Шалонжа. В данной статье мы коснемся вопроса о том, что внесла система, предложенная Голе, или Женевская система, в наши знания о звездах A и F. Мы будем основываться на наших работах (уже опубликованных или находящихся в печати).

Эта система, предложенная, как уже говорилось, Голе, включает семь фильтров (рис. 2). Наблюдения проводились главным образом в Швейцарских Альпах (Юнгфрауйох, 3577 м и Горнерграт, 3100 м), в Обсерватории От-Прованс (650 м) и Южной европейской обсерватории в Чили (2400 м). Они были начаты в начале шестидесятых годов, и число звезд, измеренных к концу 1981 г. астрономами Женевы и Лозанны, составляет 14 633. Распределение этих звезд как по прямому восхождению, так и по склонению вполне удовлетворительно, а в распределении по видимым звездным величинам сделан акцент в первую очередь на ярких звездах.

Среди этих 14 633 звезд 3268 звезд A и 1754 звезды F, входящих в каталог *HD*, т. е. около 5 и 4% звезд соответствующего класса, представленных в каталоге.

Трехмерное распределение звезд позволяют построить многие фотометрические системы. Однако это распределение обычно приложимо только к нескольким спектральным классам. Женевская система имеет в этом отношении очевидное преимущество: она приложима ко всем спектральным типам. Подобное преимущество имеет только система, разработанная в Вильнюсской астрономической обсерватории В. Л. Страйжисом.

Преимущество характеризуется тем, что мы можем наблюдать в одной и той же системе некоторую звездную группу, например рассеянное скопление, и при этом не ограничиваться одной или двумя категориями звезд, входящих в эту группу.

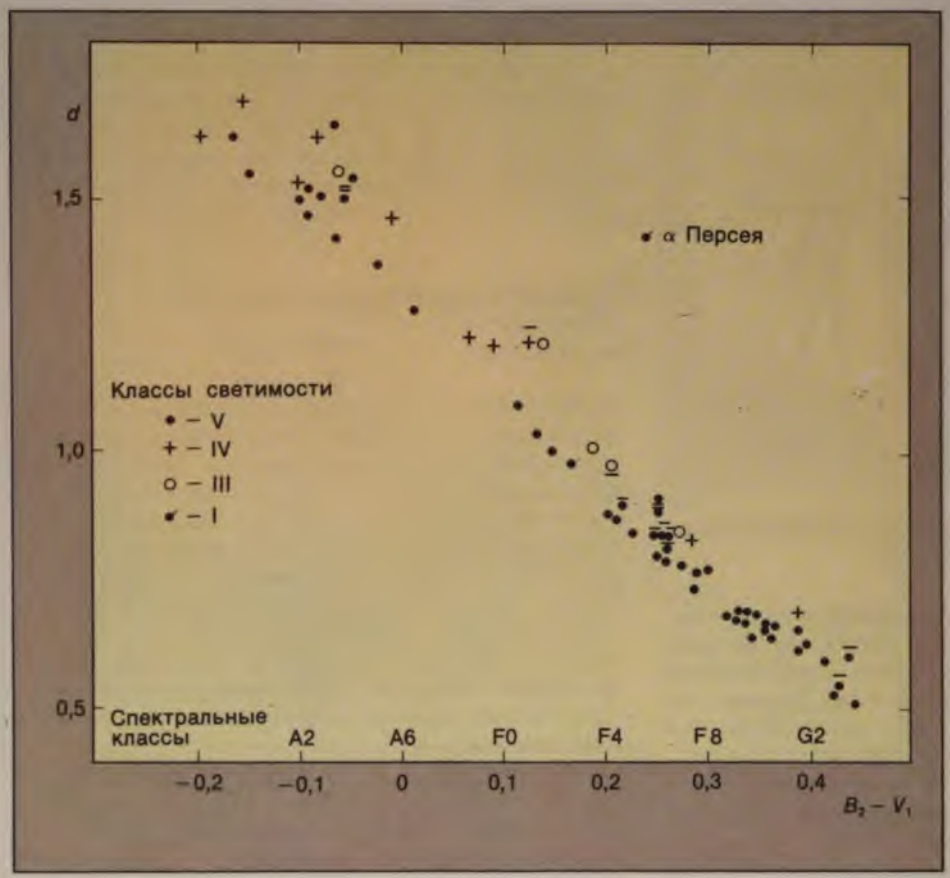
Трехмерное представление звезд более горячих, чем Солнце

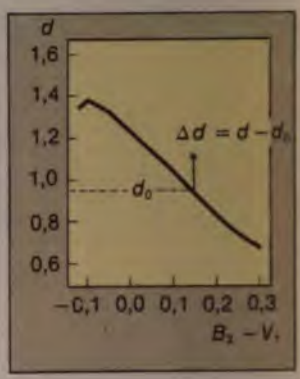
Особенность трехмерного представления — это возможность получения на базе фотометрических измерений оценки температуры, светимости и химического состава наблюдаемых звезд. Для этого мы должны определить показатели цвета (разность звездных величин в двух цветах) или параметры (линейная комбинация показателей цвета), чувствительные к определяемой физической величине. Показатель цвета $B_2—V_1$ — удобный температурный параметр. Это подтверждает сравнение значений эффективных температур, полученных спектрометрическими методами, и показателя $B_2—V_1$.

Для звезд A и F измерение Бальмеровского скачка нас приводит к определению светимости. Мы нашли средство определять этот скачок, используя показатель цвета из соседних областей спектра: мы берем показатель $U—B_1$ и, чтобы исключить влияние межзвездного покраснения*, используем как параметр светимости комбинацию $d=(U-B_1)-1{,}430(B_1-B_2)$. Диаграмма $(d,\ B_2-V_1)$ (рис. 3) эквивалентна диаграмме Герцшпрунга—Рессела, и мы можем с ее помощью определять абсолютные величины звезд. Для калибровки нашего метода мы использовали близкие звезды, имеющие хорошо определенные тригонометрические параллаксы (с их помощью определяют расстояния до этих объектов), а следовательно, и абсолютные звездные величины, такие, как звезды Гиад и Плеяд. Эти звездные группы помещены на диаграммах $(d,\ B_2—V_1)$ и $(M_v,\ B_2—V_1)$ (рис. 4), где M_v — абсолютная звездная величина звезды.

На каждой диаграмме они занимают, вообще говоря, полосу, внешние границы которой нам позволяют определить «последовательность соотнесения» (здесь термин «последовательность» употребляется в том же смысле, что и на рис. 1). С ее помощью устанавливается статистическая связь между величинами, нанесенными на вертикальные оси диаграмм. Звезда, расположенная

* В результате поглощения света веществом межзвездного пространства в синей части звездных спектров обнаруживается недостаток излучения, который приводит к кажущемуся их покраснению, называемому межзвездным. Это касается прежде всего далеких звезд. — *Ред.*





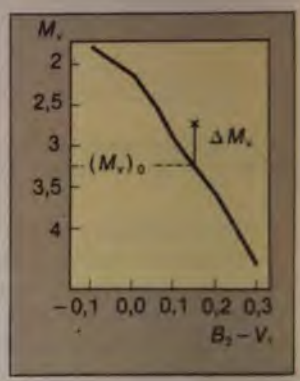


Рис. 4. Диаграммы (d, $B_2—V_1$) и (M_v, $B_2—V_1$). Звезды Гиад и Плеяд образуют последовательности соотнесения (последние для простоты показаны линиями)

Рис. 3. Диаграмма (d, $B_2—V_1$) для выборки звезд, A и F

над последовательностью соотнесения, характеризуется величинами Δd и ΔM_v. Следующий шаг — определение статистического отношения этих двух величин для различных значений $B_2—V_1$. Теперь мы можем получать абсолютную звездную величину звезды M_v, если мы знаем $B_2—V_1$ и d. Из диаграмм мы находим d_0 и $(M_v)_0$ (это просто величины, определяемые с помощью последовательности соотнесения для соответствующего значения $B_2—V_1$), а также Δd. Зная статистическое отношение, мы получаем ΔM_v, а следовательно, и M_v (для звезд главной последовательности с точностью $\pm 0{,}15$ звездной величины).

Для того чтобы определить влияние металлических линий (или покровный эффект), мы используем параметр $m_2 = (B_1—B_2) — 0{,}457\ (B_2—V_1)$. Именно показатель цвета $B_1—B_2$ чувствителен к этому эффекту. На диаграмме (m_2, $B_2—V_1$) звезды Гиад определяют последовательность соотнесения, а отклонение Δm_2 от нее характеризует величину покровного эффекта (рис. 5).

Звезды с металлическими линиями (Am) располагаются над последовательностью соотнесения, в то время как звезды с дефицитом металлов — под ней.

Используя определение отношения содержа-

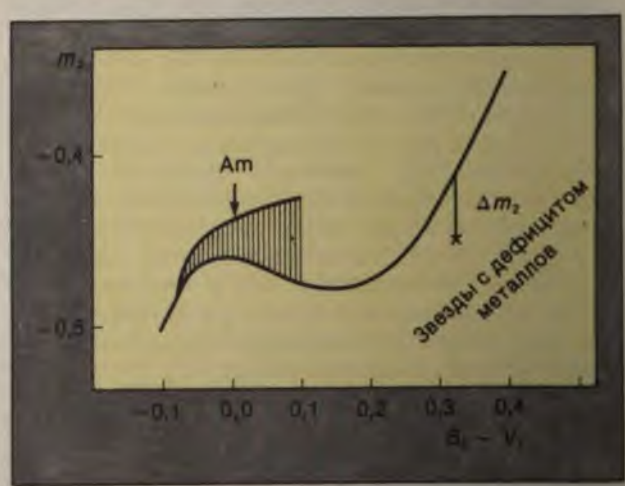


Рис. 5. Диаграмма (m_2, $B_2—V_1$), показывающая зоны, где мы встречаем звезды Am и звезды с дефицитом металлов. Последовательность соотнесения определена с помощью звезд рассеянного скопления Гиады. Так как все звезды одного и того же скопления имеют один и тот же химический состав, эта кривая однородного химического состава может служить основой для определения параметра химического состава (или параметра покровного эффекта) Δm_2

ния железа к содержанию водорода, опубликованное спектроскопистами, мы получили для звезд типа Солнца соотношение $[Fe/H] = -5{,}14\Delta m_2 + 0{,}09$. Таким образом Δm_2 есть фотометрическое определение содержания металлов в атмосфере звезды.

Итак, резюмируя сказанное выше, подчеркнем, что наш подход позволяет для звезд A и F получить трехмерное представление по величинам: $B_2—V_1$ (температура), d (светимость), и Δm_2 (содержание металлов).

Это представление было использовано для изучения звезд, показывающих пекулярности (отличия от обычных звезд того же спектрального класса) химического состава, но оно дает подход и к другим проблемам, например, исследованию характеристик звезд в окрестностях Солнца, в том числе определению расстояния до Гиад. Об этих примерах позже. Теперь же остановимся на связях, существующих между нашими параметрами и параметрами системы спектральной классификации Моргана и Кинена и других фотометрических систем.

Связь Женевской системы с МК- и другими системами

Классификация МК — двухмерна (температура и светимость), однако и она иногда дает информацию о пекулярности звезд. В этом случае получаемая информация — качественная, в то время как фотометрия позволяет, как мы увидим дальше, получать количественную информацию. Конечно, привлекательно определить спектральный тип фотометрическим способом, и почти во всех фотометрических системах такие попытки делались.

Однако к этому всегда нужно относиться с осторожностью, поскольку эти два метода во многом различны и опираются не на одну и ту же информацию (линейчатый спектр в одном случае и непрерывный, искаженный линиями — в другом). Стало быть, получить спектральный тип из фотометрических измерений *sensu stricto** невозможно. Но знание спектрального типа и в первую очередь типа МК открывает большие возможности. Кроме того, это простое обозначение характеризует два основных физических параметра звездной атмосферы. Поэтому важно знать соотношение, существующее между типами МК и цветовыми параметрами фотометрической системы.

Для Женевской системы мы установили связь с МК-классификацией: выбрав все звезды, содержащиеся и в нашем каталоге, и в каталоге типов МК М. Яшек (M[illegible] звезды, которые [illegible]

каждого типа МК мы определили параметры U, B, V, B_1, B_2, V_1 и G для звезд классов светимости V, IV и III. Для сверхгигантов ввиду их отсутствия в этой сфере мы отыскали звезды с небольшим межзвездным покраснением.

Соотношения между индексами различных систем могут быть использованы для сопоставления результатов или восполнения недостающих данных. Индексы, которые наилучшим образом соответствуют подобным соотношениям, — это те, которые используются как индикаторы температуры.

Тем не менее такие связи должны учитывать класс светимости и возможные эффекты, связанные с химическим составом. Эти два фактора очень часто игнорировались в прошлом. В последних исследованиях, проведенных автором статьи и Г. Мейланом (*Meylan*), были проанализированы соотношения, существующие между температурными параметрами таких систем, как $U, B, V, (B—V)$, Стремгрена ($b—y$), Вильнюсская ($Y—V$, $Y—S$), U,B,V,G,R,J ($B—J$, $G—J$) и R,J — Джонсоновская, с одной стороны, и $B_2—V_1$ — с другой. Некоторые соотношения зависят от химического состава, но и он не влияет на соотношение между $B_2—V_1$ и $Y—V$.

Фотометрия пекулярных звезд A

Среди звезд A — 15% пекулярных. Это означает, что в их спектре присутствуют линии, интенсивность которых отлична от интенсивности этих же линий у нормальных звезд с той же температурой. Следовательно, они имеют другое относительное содержание соответствующих элементов.

Две большие группы звезд главной последовательности показывают аномалии в содержании химических элементов: звезды с металлическими линиями (Am) и пекулярные звезды (Ap). Первые — наиболее холодные, их температура варьируется от 6500 до 10 000K, и они показывают избыток содержания железа и редкоземельных элементов, одновременно наблюдается дефицит скандия и кальция.

Звезды Ap (их температуры колеблются от 8000 до 15 000K) показывают избытки следующих элементов Hg, Mg, Si, Cr, Sr, а также железа и редкоземельных элементов. Эти звезды имеют малые скорости вращения. За исключением самых горячих, называемых ртутно-марганцевыми, они имеют магнитные поля от нескольких сот гауссов до 35 кГс, в то время как этих свойств нет у нормальных звезд и звезд Am. С другой стороны, почти все из звезд Am — двойные системы. Причины пекулярностей сейчас еще не ясны и по этому поводу существуют [illegible]огочисленные гипотезы. Идея, выдвинутая Мишо (*Michaud*) о сегрегации элементов

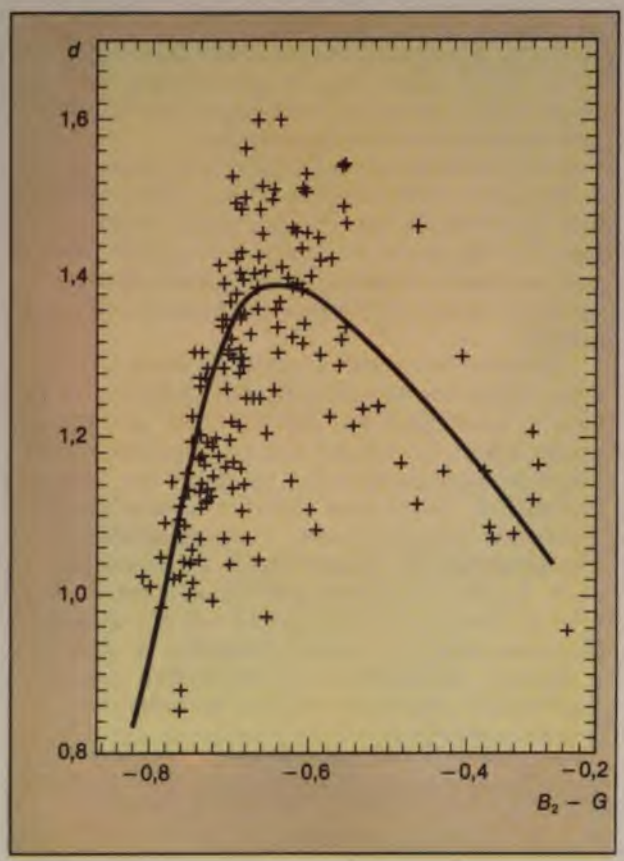


Рис. 6. Диаграмма (d, B_2—G) для звезд Ap. Большая часть этих звезд расположена под последовательностью соотнесения, что указывает на то, что Бальмеровский скачок у них меньше, чем у нормальных звезд той же температуры

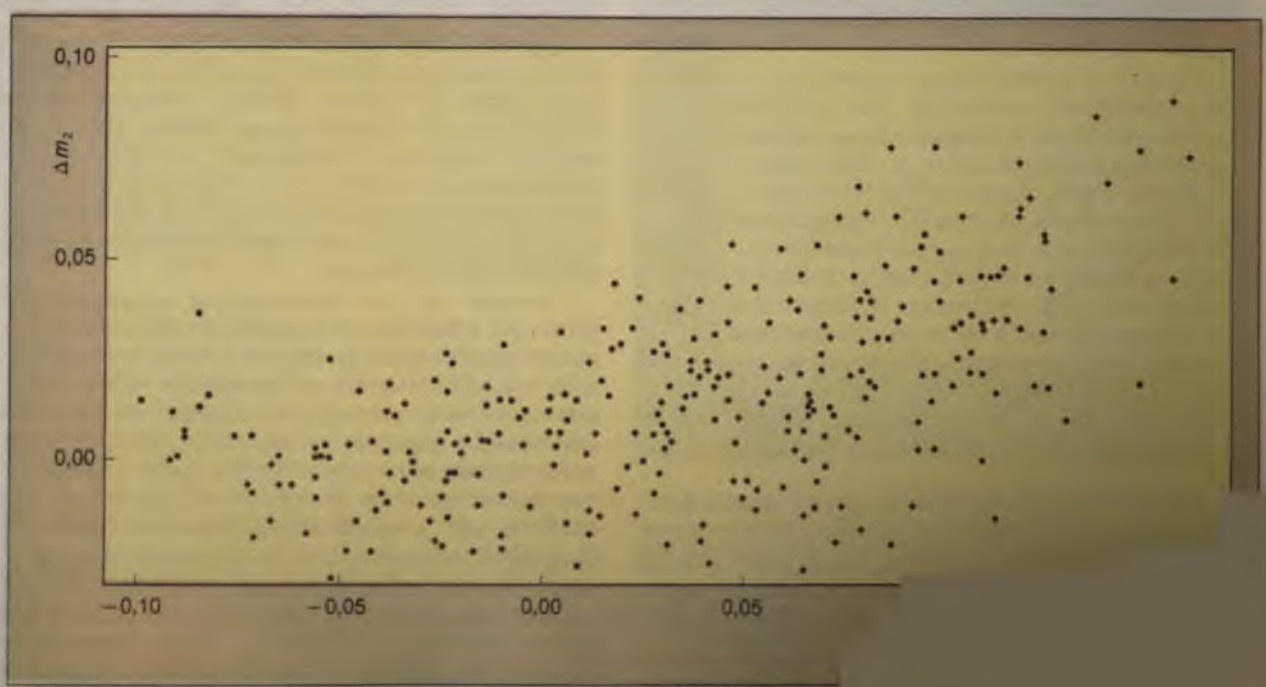
диффузией, кажется наилучшей. Позже мы увидим почему.

Вклад фотометриста в изучение этих звезд состоит прежде всего в том, чтобы отыскать параметр, позволяющий их выявить. Этот параметр должен быть количественным индикатором металличности или пекулярности, а не качественным, как в случае МК-классификации. Кроме того, фотометрист должен суметь найти температуру и абсолютную звездную величину.

Нам удалось показать для случая звезд Am, что особые характеристики этих звезд не влияют на параметры d и B_2—V_1. Поэтому мы можем получить фотометрическим путем их абсолютные звездные величины. Анализ подтвердил принадлежность этих звезд к главной последовательности. Однако наш метод определения абсолютной звездной величины не пригоден для звезд Ap. С одной стороны, на параметр B_2—V_1 влияют особенности этих звезд, и мы предпочитаем использовать показатель B_2—G в качестве температурного параметра, и, с другой — звезды имеют Бальмеровский скачок меньше, чем нормальные звезды той же температуры. На диаграмме (d, B_2—G) они располагаются преимущественно под последовательностью соотнесения (рис. 6).

В поисках третьего параметра классификации мы пришли к выводу, что нужно предложить различные параметры для звезд Am и Ap. 400 первых и 600 вторых звезд были измерены в Женев-

Рис. 7. Распределение Δm_2 в зависимости от B_2—V_1 для звезд с металлическими линиями. Хорошо видно увеличение металличности (Δm_2) с уменьшением температуры (которая убывает слева направо)



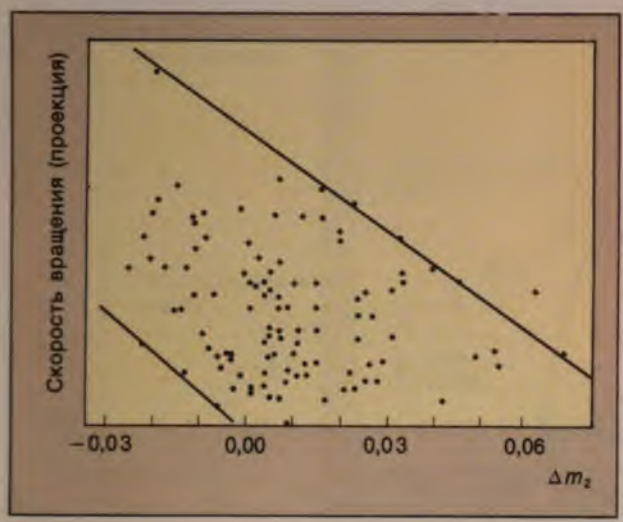


Рис. 8. Антикорреляция скорости вращения и металличности (Δm_2) для звезд Am

ской системе, чем внесен важный вклад в фотометрическое изучение пекулярных звезд A.

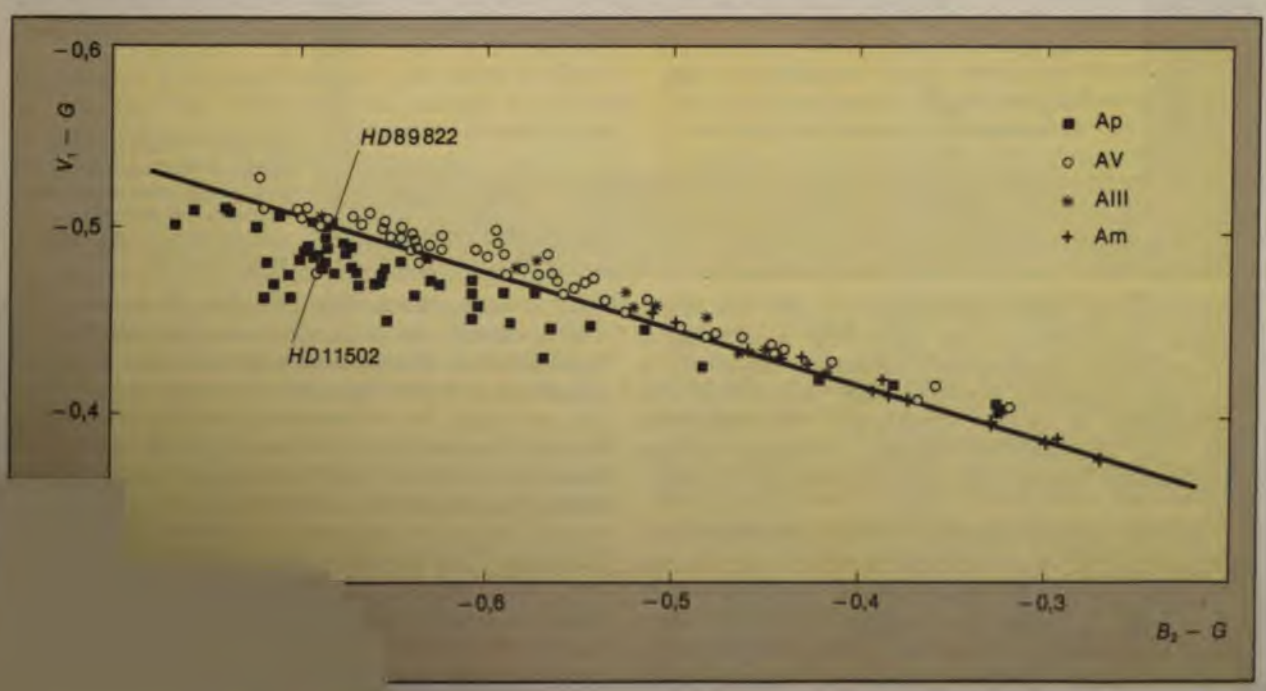
В случае звезд с металлическими линиями мы можем использовать параметр Δm_2, определенный выше как параметр металличности. Спектроскописты разделили эти звезды на две группы: классические звезды Am, показывающие сильную пекулярность, и звезды Am, заподозренные в принадлежности к этому типу. Для первой группы средняя величина Δm_2 равна 0,013, в то время как ее значение равно 0,002 для второй группы и 0,009 для нормальных звезд. Зная, что на B_2—V_1 не влияют особенности звезд Am, мы можем построить диаграмму (Δm_2, B_2—V_1) (рис. 7), из которой видно, что Δm_2 более существен для наиболее холодных звезд Am. Может быть, это объясняется тем, что наиболее холодные звезды имеют наименьшие скорости вращения. Эта связь между скоростью вращения и металличностью подтверждается и при изучении вращения таких звезд (рис. 8). Наш результат (существование антикорреляции между вращением и металличностью) близок к результату, полученному другими авторами для фотометрической системы Стремгрена.

Δm_2 не проявляет себя как очень эффективный параметр в случае звезд Ap, и мы предпочитаем использовать тот факт, что распределение энергии у этих звезд показывает депрессию около 530 нм. Фильтр V_1 нашей системы центрирован именно на этот спектральный участок. Между прочим, этим объясняется, почему именно B_2—V_1 подходит для типа Ap.

Для того чтобы определить параметр пекулярности, мы строим диаграмму (V_1—G, B_2—G) (рис. 9). Нормальные звезды, так же как и звезды Am, ложатся около одной и той же прямой. Звезды Ap располагаются под этой прямой, и поэтому отклонение от нее вдоль оси V_1—G можно использовать как параметр пекулярности. Анализируя диаграмму на рис. 10, мы замечаем, что звезды наиболее пекулярные — это те, у которых скорость вращения наименьшая.

Звезды Ap характеризуются наличием маг-

Рис. 9. Диаграмма (V_1—G, B_2—G). Она позволяет отделить звезды Ap **от нормальных звезд** A V **и** III **классов светимости и от звезд** Am



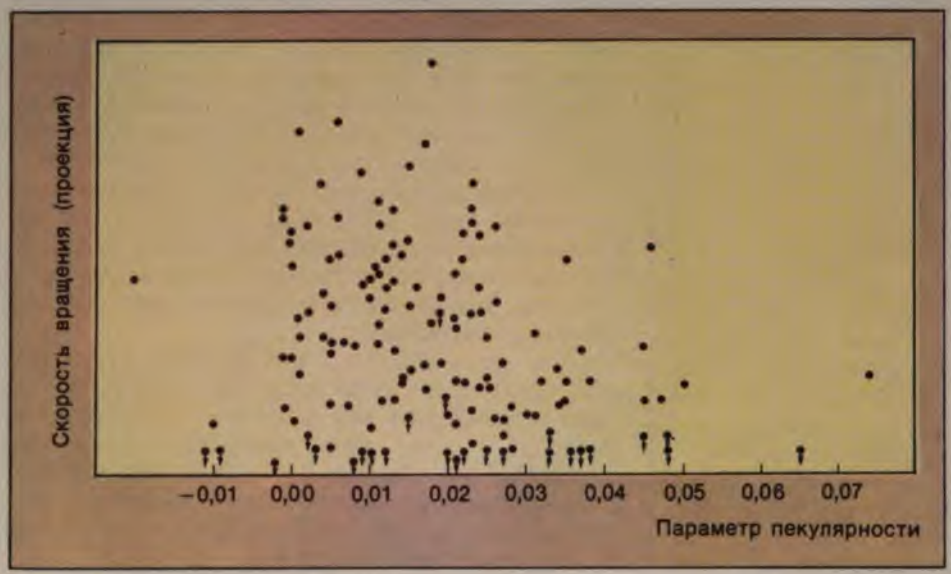


Рис. 10. Соотношение между вращением и пекулярностью у звезд Ap

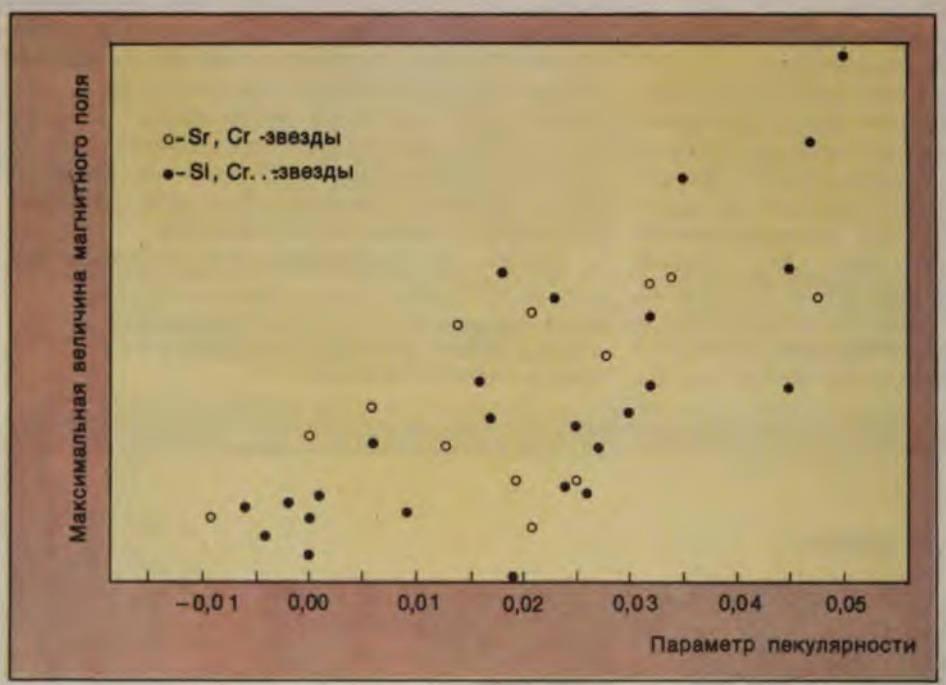


Рис. 11. У звезд Ap, для которых удалось измерить магнитное поле, максимальная его величина соответствует параметру пекулярности

нитного поля. Для некоторых из них это поле хорошо измерено, и мы получили для звезд с повышенным содержанием кремния, циркония и стронция хорошее соответствие интенсивности магнитного поля и параметра пекулярности (рис. 11). Именно те звезды, которые имеют интенсивное магнитное поле, наиболее пекулярны.

Другая характеристика, легко доступная для фотометриста, — это переменность звезд. Оказалось, что звезды Ap показывают спектральную, магнитную, а также фотометрическую переменность. В последнем случае амплитуды часто малы, и из-за этого фотометрическую переменность трудно определить. Тем не менее большое количество звезд Ap известны как фотометрически переменные. Напротив, никогда не удавалось установить факт переменности звезд Am. Более 10 лет назад было показано, что характеристики звезды Am мешают ей быть переменной. Основываясь на наших измерениях, мы проанализировали распределение среднеквадратичных отклонений видимых звездных величин для четырех выборок: 504 нормальные звезды A, 367 звезд Am, 443 звезды Ap и 103 звезды типа δ Щита (звезды A, известные как переменные). Распределение отклонений двух первых выборок очень сходны, в то время как распределение для звезд

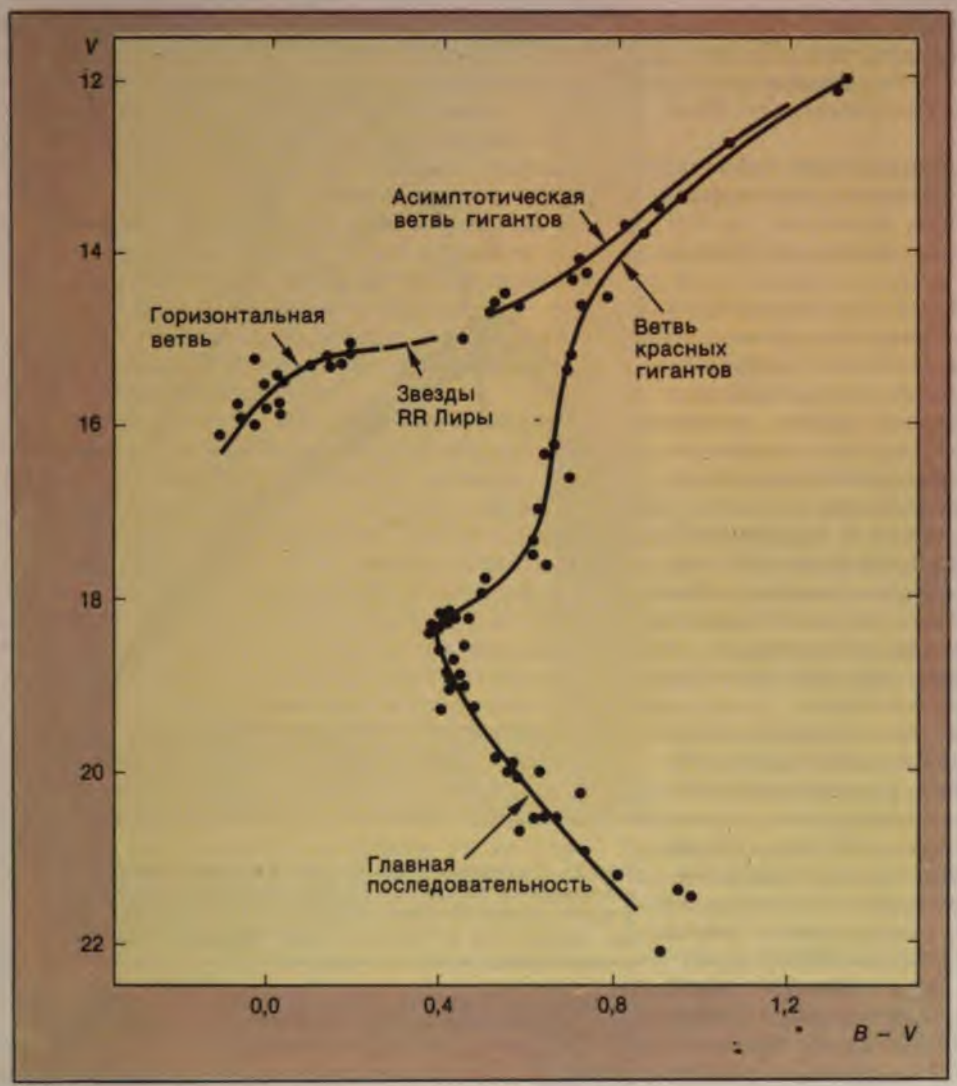


Рис. 12. Диаграмма Герцшпрунга—Рессела шарового скопления M92. Диаграмма «светимость—температура» отображает зависимость между температурой поверхности звезды и количеством излучаемой ею энергии (светимостью). Мерой температуры может служить показатель цвета (в системе *U, B, V* — это *B—V*), а светимость для шарового скопления однозначно связана со звездной величиной (*V*)

Ap близко к распределению для звезд δ Щита. Мы видим, что статистически звезды Am и Ap ведут себя различным образом в отношении переменности, и мы можем подтвердить факт, что звезды с металлическими линиями — не переменные.

Резюмируем теперь основные результаты, полученные благодаря фотометрическому изучению звезд Am и Ap: а) антикорреляция между скоростью вращения и пекулярностью или металличностью; б) корреляция пекулярности и интенсивности магнитного поля; в) переменность звезд Ap и постоянство блеска у звезд Am.

Эти результаты могут нам помочь найти причину наблюдаемых аномалий химического состава. Среди многочисленных гипотез*, выдвинутых в последние годы, одна выглядит наиболее подкрепленной как спектроскопическими, так и фотометрическими наблюдениями. Это гипотеза диффузии. Она предполагает существование во внешних слоях стабильной зоны, в которой может действовать механизм разделения элементов диффузией. В этом случае тяжелый элемент поглощает относительно большее число фотонов, чем легкий. Первый выталкивается радиоактивным давлением вверх, в то время как второй, более легкий, опускается на дно зоны. Малая скорость вращения звезд Am есть следствие того, что они двойные, а у звезд Ap объясняется интенсивным магнитным полем (благоприятствующим появлению стабильной зоны, в которой развивается диффузия). В результате этого на поверхности звезды появляются аномалии химического состава. Наши результаты, представленные на рис. 8, 10 и 11, подтверждают этот сценарий. Тем не менее несколько звезд A вращается медленно и не обнаруживает аномалий химического соста-

* В качестве основных гипотез назовем следующие: а) ядерные реакции в недрах звезд (т. е. звезды Ap уже сильно прозволюционировали и прошли стадию красного гиганта); б) ядерные реакции на поверхности звезд; в) магнитная аккреция; г) диффузия.

ва, этот сценарий не объясняет также существование самых горячих ртутно-марганцевых звезд.

Это заставляет некоторых астрономов думать, что пекулярности в спектре возникают до того, как вращение замедляется.

В случае звезд, имеющих магнитное поле, оно было бы более сильным стабилизирующим фактором, чем малая скорость вращения, и эта последняя не была бы уже необходимым условием.

Выше мы интересовались двумя категориями звезд A, показывающими аномалии химического состава, главным образом избыток определенных химических элементов. В этой же области температур мы встречаем две другие группы звезд, которые показывают дефицит металлов. Эти две группы гораздо менее многочисленны и, стало быть, менее важны, чем звезды Am и Ap.

В первую очередь это звезды A горизонтальной ветви. Это название происходит от диаграммы Герцшпрунга—Рессела шаровых скоплений (рис. 12). Это наиболее старые объекты в нашей Галактике. Они сформировались в момент, когда межзвездная материя состояла главным образом из водорода и гелия.

Другие химические элементы появились после того, как были произведены в недрах звезд первого поколения. Вследствие взрывов наиболее массивных звезд различные химические элементы, синтезированные таким образом, были выброшены в пространство, обогатив межзвездную материю. Теперь легко понять, почему звезды, сформировавшиеся в самом начале жизни Галактики, показывают дефицит металлов. В случае шаровых скоплений весь ансамбль звезд скопления показывает один и тот же дефицит, поскольку все звезды произошли от одного и того же облака межзвездной материи. Дефицит в этом случае есть феномен генетический. Эта ситуация не похожа на то, что наблюдается в звездах Am и Ap. Там избыток относится только к атмосфере звезды, и мы находим большое количество звезд Am и Ap — членов рассеянных скоплений, т. е. самых молодых скоплений, другие звезды которых имеют нормальный химический состав.

Нам известно несколько изолированных звезд, имеющих те же характеристики, что и звезды шаровых скоплений. Они были обнаружены главным образом в направлении галактических полюсов. Около 50 из них — звезды A горизонтальной ветви. Они имеют светимость более высокую, чем звезды главной последовательности, и показывают дефицит металлов. Наблюдения некоторых из них были выполнены в Женевской системе. На диаграммах (d, B_2—V_1) и (m_2, B_2—V_1) (рис. 13 и 14) они занимают обычное для таких звезд место.

Мы также указали на диаграммах зоны, соответствующие звездам другой группы. Их прототип — звезда λ Волопаса. Уже в 1943 г. авторы

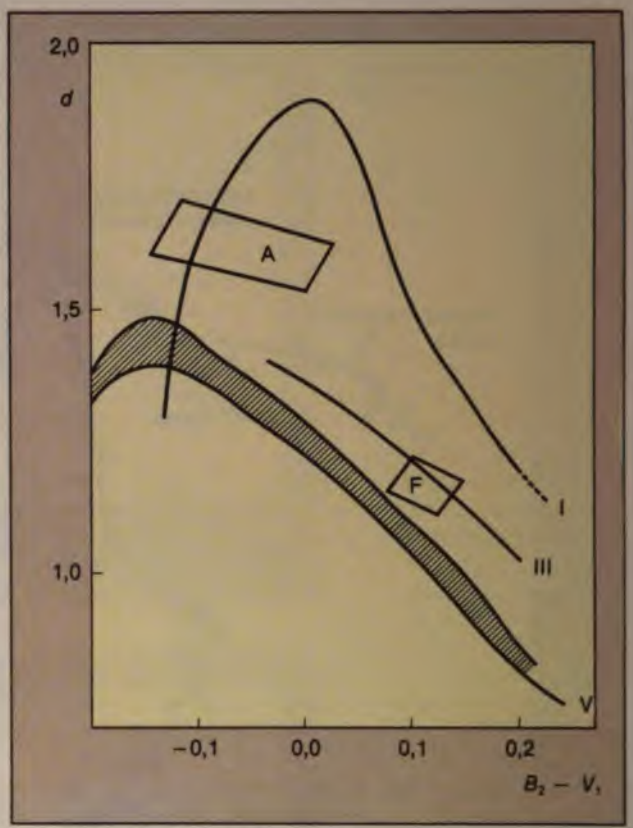


Рис. 13. На диаграмме (d, B_2—V_1) показаны зоны, где находятся звезды A и F горизонтальной ветви (четырехугольники). Римские цифры I, III и V означают классы светимости в системе МК. Звезды λ Волопаса расположены в области звезд класса V

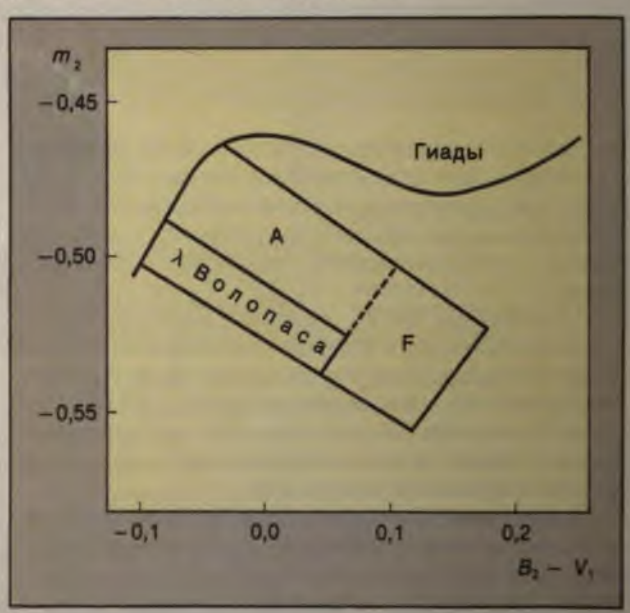


Рис. 14. На диаграмме (m_2, B_2— V_1) показаны зоны, где находятся звезды A и F горизонтальной ветви и звезды типа λ Волопаса. Ясно виден дефицит металлов в звездах этой категории (см. рис. 5)

жайших рассеянных скоплений: Гиад, скопления в Волосах Вероники и Яслей. Метод был несколько отличным. Мы исследовали все звезды этих скоплений в тех же семи цветах, что и звезды из каталога Глизе. Если две звезды имеют одни и те же цвета, то это означает, что распределение энергии в их спектрах идентично и что обе звезды имеют одну и ту же температуру, тот же химический состав и ту же абсолютную звездную величину. Таким образом, мы можем приписать звезде из скопления абсолютную звездную величину звезды, содержащейся в каталоге Глизе. Зная ее видимую величину, мы легко подсчитаем по приведенной выше формуле расстояние до звезды из скопления. Мы нашли его для 28 звезд из Гиад, 14 — из скопления в Волосах Вероники и 29 — из Яслей. Расстояние этих скоплений соответственно 48; 85,5 и 178,6 пс. Позднее М. Николе (*Nicolet*) использовал сходный метод и получил расстояние 46 рассеянных скоплений. Это важный шаг в усовершенствовании способов определения расстояний в нашей Галактике, которые становятся уже достаточно точными для изучения ее структуры и эволюции.

* * *

Безусловно, было бы интересно разработать метод спектральной классификации и убедиться, что он с помощью параметра химического состава позволяет внести существенный вклад в одну из важнейших областей астрофизики. Однако необходимо, чтобы это позволило бы нам подойти к решению новых проблем. Так, количественное изучение аномалий химического состава пекулярных звезд А должно помочь лучше понять происхождение этих аномалий. Благодаря трехмерной фотометрической классификации в последние годы была затронута также проблема химической эволюции нашей Галактики. Уже первые результаты показали, что содержание металлов в Галактике слабо возрастает со временем, правда, одновременно оно несколько уменьшается при переходе от центра к периферии Галактики и при удалении от ее диска.

Число фотометрических измерений растет, и это позволяет нам провести сходные исследования для отдельных районов Галактики, в частности для окрестностей Солнца.

Здесь уже речь должна идти не только о нашей трехмерной классификации, которая оказывается недостаточной для решения таких задач. Необходимо найти оптимальные методы, разработать более совершенную фотометрическую систему. С этой целью астрономы Вильнюса и Лозанны недавно предложили систему, которая учитывает преимущества, существующие в фотометрических системах этих городов. Предварительное изучение показало, что достичь цели можно, выбрав три фильтра из Женевской системы (*U*, B_1 *V*) и четыре из Вильнюсской (*P*, *Y*, *Z*, *S*).

Рис. 15 показывает кривые пропускания семи фильтров объединенной системы. С ее помощью мы надеемся получить возможность классифицировать группы звезд от самых горячих до самых холодных, какими бы ни были их классы светимости и химический состав.

Другая проблема, касающаяся фотометрических данных, — это их доступность как можно большему числу исследователей. Только на пути упрощения доступа к данным возможно их широкое использование во многих исследованиях. Электронно-вычислительные машины и современные средства хранения информации позволяют это сделать. Мы собрали фотометрические данные почти 80 000 звезд. Эти данные получены почти в 40 различных системах. Для каждой системы мы сначала составляем карточку, в которой отражается научная литература. Некоторые звезды могут быть измерены различными авторами. Это нас приводит к определению для каждого списка звезд качественного показателя. В итоге мы можем представить каталог однородных данных для каждой фотометрической системы. Наши каталоги записаны на магнитных лентах в Страсбургском центре звездных данных. Благодаря активному сотрудничеству между этим центром и центрами в США (Центр им. Р. Годдарда), Японии (Технологический институт в Каназава) и СССР (Астрономический совет АН СССР) наши фотометрические каталоги стали доступными почти всем астрономам.

СТО ЛЕТ НАЗАД

ФРАНЦИЯ. Регулирование сновидений. Французский ученый Делоне убедился опытами над самим собою, что характер сновидений прямо зависит от действия тепла на различные части мозга. Так, покрывая лоб слоем ваты, он вызывал сон покойный и правильный. Применяя такого рода обкладывания, способствующие приливу крови к различным областям мозга и увеличивающих их функциональную деятельность, он заметил, что от согревания задней части головы получались сны в высшей степени странные, нелепые и чувственные; от согревания левой — сны делались фантастическими и в них отражались давно забытые события, образы; от влияния тепла на правую сторону сны становились более спокойными и разумными и в них представлялись картины недавнего прошлого.

«Нива»

ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС

Уменье соединить широкий теоретический горизонт, общую теорию и абстракцию со здоровым практицизмом — это лучший и едва ли не единственный способ помочь наукой своему народу.

Вавилов С. И.

Д. М. ГВИШИАНИ
Системный подход
к исследованию глобальных проблем

С. С. ЛАВРОВ
Программная поддержка
прикладных исследований

Н. Г. БАСОВ, А. Н. ОРАЕВСКИЙ
Химические лазеры

С. ОАЭ
Сера в природе и в лаборатории

Н. А. ПЛАТЭ, В. П. ШИБАЕВ
Жидкокристаллические полимеры

Джермен Михайлович ГВИШИАНИ (р. 1928) — философ, социолог, специалист в области теории управления, теории и методологии системного анализа, моделирования глобального развития, доктор философских наук, профессор, академик.

Родился в г. Ахалцихе. В 1951 г. окончил Московский институт международных отношений. С 1955 работает в Государственном комитете Совета Министров СССР по новой технике, с 1957 — в Государственном научно-техническом комитете Совета Министров СССР. С 1962 — заместитель председателя Государственного комитета Совета Министров СССР по координации научно-исследовательских работ СССР, с 1965 — заместитель председателя Государственного комитета СССР по науке и технике (ГКНТ).

В 1962 защитил кандидатскую, а в 1969 — докторскую диссертации.

В 1962—1968 преподавал на философском факультете МГУ. В 1968—1969 заведовал лабораторией в Институте автоматики и телемеханики (технической кибернетики), в 1969—1972 — лабораторией исследования комплексных проблем управления Института конкретных социальных исследований АН СССР, в 1972—1974 — кафедрой социально-экономических наук Института управления народным хозяйством.

С 1976 Д. М. Гвишиани директор Всесоюзного научно-исследовательского института системных исследований ГКНТ и АН СССР (ВНИИСИ).

В 1970 избран членом-корреспондентом, а в 1979 — действительным членом АН СССР.

Автор около 350 научных работ, его труды издавались на многих иностранных языках.

Д. М. Гвишиани — председатель Комитета по системному анализу при Президиуме АН СССР, Совета Международного научно-исследовательского института проблем управления и Совета Международного института прикладного системного анализа.

Был председателем ряда всесоюзных и международных научных конференций, конгрессов и симпозиумов. Почетный доктор экономических наук Пражской высшей экономической школы, член Шведской королевской академии инженерных наук, Международной академии управления, Международной ассоциации управления, Американской академии управления, Финской академии техническх наук.

Д. М. Гвишиани — член Президиума Советской социологической ассоциации, Правления Всесоюзного общества «Знание», Президиума Союза советских обществ дружбы и культурной связи с зарубежными странами.

Настоящая статья опирается на результаты исследований, проводимых ВНИИСИ в рамках проектов «Моделирование глобального развития» и «Наука и социальное развитие», осуществляемых под научным руководством Д. М. Гвишиани.

ДЖЕРМЕН МИХАЙЛОВИЧ ГВИШИАНИ

Системный подход к исследованию глобальных проблем

70-е годы войдут в историю науки как время становления и развития нового исследовательского направления — комплексного изучения процессов глобального развития.

В настоящее время к наиболее острым глобальным проблемам обычно относят следующие: проблему предотвращения необратимых нарушений экологического и климатического равновесия на планете вследствие возрастания масштабов воздействия на них человеческой деятельности; проблемы обеспечения растущего населения планеты продовольствием, сырьем и энергией; проблемы преодоления вопиющих форм отсталости и социально-экономического неравенства, обеспечения всем народам планеты доступа к достижениям современной цивилизации, научно-технического прогресса, здравоохранения. Порядок, в котором перечислены эти проблемы, носит, конечно, условный характер, здесь существенны те области, в которых обострение противоречий стало в настоящее время наиболее очевидным.

Глобальные проблемы охватывают обширный круг экономических, политических, социальных, правовых и нравственных вопросов. Они непосредственно связаны с тем, как народы понимают суверенитет над своей территорией, ресурсами, окружающей средой, как они его осуществляют и будут осуществлять в дальнейшем; как реализуются в мировом масштабе права отдельной человеческой личности; какое содержание народы вкладывают в понятие государственности, сотрудничества, человеческой солидарности.

Не подлежит сомнению, что главная из стоящих перед современным человечеством проблем, от решения которой зависят все остальные, — это проблема разрядки международной напряженности, предотвращения угрозы новой мировой войны, установления между народами отношений доверия и взаимопонимания. Только при этом условии можно говорить о конструктивном сотрудничестве, основанном на взаимном уважении интересов отдельных стран и народов и понимании серьезности глобальных проблем.

В Отчетном докладе XXVI съезду КПСС товарищ Леонид Ильич Брежнев еще раз подчеркнул значение глобальной проблематики, отметил необходимость объединения для ее разрешения усилий всего человечества: «Жизнь требует плодотворного сотрудничества всех государств во имя решения мирных, конструктивных задач, стоящих перед каждым народом и всем человечеством»*.

Глобальные проблемы — специфический феномен современного этапа исторического развития

Обострение глобальных проблем нашло отклик во всех странах и регионах нашей планеты. В результате возник целый спектр концепций, которые различаются не только подходом к данной проблематике, но и по кругу включаемых в нее составляющих, иерархии их актуальности, наконец, предлагаемым путям их решения.

Мировоззренческие установки авторов неизбежно присутствуют в любом исследовании, посвященном анализу глобальных проблем. Попытка ряда ученых заранее отмежеваться от мировоззрения как такового и отвести от себя любые подозрения в субъективизме и предвзятости под лозунгом «сугубо объективного научного исследования», противопоставляемого научно обоснованному мировоззрению, есть не что иное, как проявление буржуазного объективизма, за которым нетрудно угадать сохраняющие еще влияние в западной науке позитивистские мировоззренческие установки. Вряд ли подлежит сомнению, что подходы, основанные на подобных методологических установках, не могут оказаться продуктивными при анализе глобальной проблематики, неизбежно включающей социальные, политические, мировоззренческие компоненты.

---

* Материалы XXVI съезда КПСС. М., 1981, с. 26.

В своих исследованиях марксисты исходят из того, что только на основе научного мировоззрения возможен плодотворный подход к изучению и поискам путей решения глобальных проблем современности. Это значит, что анализ взаимоотношений между наукой и глобальными проблемами немыслим в отрыве от конкретного изучения роли науки в различных социальных системах и вне рассмотрения мировоззренческого содержания всей глобальной проблематики.

В развитых капиталистических странах обострение глобальных проблем сопровождалось на первых порах крайне пессимистическими умонастроениями. Связывая обострение глобальных проблем исключительно с негативными последствиями развития науки и техники и игнорируя ведущую роль социального управления наукой, некоторые буржуазные теоретики выступили с крайне антисциентистских позиций, против научного прогресса как такового, не только, по их мнению, не способствующего решению проблем, но, напротив, ведущего к катастрофическим негативным последствиям для человечества, ставящего под сомнение его будущее.

Мы никогда не разделяли и не разделяем подобного пессимизма. Вместе с тем и излишний необоснованный оптимизм в этом вопросе тоже представляется неуместным. Глобальные проблемы реальны, они действительно представляют определенную опасность для развития человечества, и было бы рискованно ее недооценивать. Надо полностью отдавать себе отчет в том, что в условиях растущей интернационализации экономической жизни на планете, развития мирохозяйственных связей и усиления их роли в социально-экономическом развитии отдельных стран и регионов любая проблема, обретшая характер глобальной, неизбежно — в той или иной форме, с большей или меньшей остротой — отразится на развитии различных общественных систем. И это обстоятельство, безусловно, необходимо учитывать в практической деятельности.

Необходимость исследования процессов глобального развития диктуется в наше время не только чисто научными, познавательными целями, оно превращается в важную в практическом отношении проблему, от решения которой зависит осуществление намеченных планов социально-экономического развития. Именно этот, конструктивный аспект в исследованиях глобальной проблематики представляется в настоящий момент особенно актуальным.

Развитие этого нового направления, рассматривающего в качестве объекта исследования всю нашу планету и долгосрочные тенденции протекающих на ней процессов, включая и привносимые деятельностью людей, при всей его новизне носит преемственный характер, аккумулируя накопленный опыт и достижения практически во всех областях современной науки. Не ис- и выявившийся в ходе анализа глобальных проблем подход к их решению с позиции общечеловеческих интересов: этот подход имеет основания в традициях марксизма-ленинизма, развивающего концепцию интернациональной солидарности трудящихся всего мира, идею консолидации человечества по мере развития коммунистической общественно-экономической формации.

Глобальные проблемы нередко отождествляют со всей совокупностью проблем, которые стоят ныне перед человечеством. Но насколько это обосновано и плодотворно и не будет ли более корректным рассматривать глобальные проблемы как специфический тип среди совокупности проблем глобального развития?

Для того чтобы ответить на эти вопросы, необходимо обосновать критерии, которые бы позволяли судить о принадлежности той или иной проблемы к глобальным, и соотнести эти проблемы с другими типами проблем, стоящих перед человечеством. Иными словами, это значит представить всю проблематику глобального развития как некоторую систему, одну из подсистем которой и составляют глобальные проблемы.

Глобальную систему можно охарактеризовать как совокупность взаимосвязанных компонентов цивилизации и природы, возникшую и развивающуюся в результате деятельности индивидов, социальных и культурных сообществ и всего человечества, призванную удовлетворять изменяющиеся потребности людей. Материальную основу саморазвития этой системы составляет прогрессивное изменение способов и средств человеческой деятельности. Характерная особенность глобальной системы заключается в наличии множества субъектов деятельности с существенно различными потребностями, интересами и целями. Это предопределяет существование противоречий между целями различных субъектов, а также между целями и фактическими результатами их деятельности, приводящих к возникновению проблем, характерных для каждого крупного этапа развития этой системы.

Совокупность проблем, свойственных современному этапу развития глобальной системы, представляет собой многоуровневую систему. Наиболее высокий ее уровень образуют обобщенные альтернативы развития глобальной системы как целого. На следующем уровне представлены более конкретные проблемы, одни из которых получили наименование глобальных, а другие можно назвать универсальными. На третьем уровне формулируются секторальные проблемы, соответствующие основным секторам жизнедеятельности человечества (промышленность, сельское хозяйство и т. д.), и региональные проблемы, выражающие специ[illegible] различных регио[illegible]

проблемы, касающиеся всех регионов, всего человечества. И действительно, угроза термоядерной войны, загрязнение природной среды и другие глобальные проблемы имеют именно такой характер. Но значит ли это, что указанного признака достаточно для отнесения той или иной проблемы к типу глобальных?

Например, неграмотность остается одной из острейших проблем большинства регионов мира. Но ее редко относят к числу глобальных проблем, а скорее называют «универсальной», т. е. такой, которая, имея широкое распространение, должна решаться в рамках отдельных регионов, исходя из их специфики. Следовательно, масштабы распространения не могут служить единственным критерием отнесения (или не отнесения) проблемы к числу глобальных. Не может, на наш взгляд, служить единственным критерием глобальности проблемы и ее значимость для «выживания» человечества, ибо при этом остается в стороне вопрос о том, что подразумевать под таким выживанием и какой ценой оно будет достигнуто.

Учитывая сказанное, правомерно считать глобальными такие проблемы, которые имеют жизненно важное значение для всего человечества, а их конструктивное решение лежит на пути сотрудничества всех или большинства народов мира, на пути консолидации усилий человечества. Универсальные проблемы также имеют весьма широкую сферу распространения и жизненно значимы для всех или большинства народов, но их решение — прежде всего собственное дело каждого народа или региона; это, естественно, не исключает, а во многих случаях предполагает двустороннее или многостороннее сотрудничество между соответствующими странами. Сюда относятся, в частности, проблемы доступа к образованию и медицинскому обслуживанию, сохранения культурных традиций народов и многие другие.

Наука перед лицом глобальных проблем

По мере роста масштабов и возможностей практического использования достижений науки вопрос о ее роли в жизни человека и общества приобретает все бóльшую актуальность. В наши дни в связи с обострением глобальных проблем этот вопрос приобрел новое звучание, потребовав от науки не только новых подходов к их осмыслению, но и активного участия в поисках путей их решения.

Появление глобальных проблем связано с объективными процессами развития человечества: оно в этом смысле не является ни случайностью, ни фатальной неизбежностью. В опреде- оно связано с ускорением научно- середины XX в.: откры- возможности для процвета- ния человеческой цивилизации, он сопровождается и определенными негативными последствиями. На протяжении всей истории человеческой цивилизации развитие науки и техники вносило серьезные изменения в жизнь общества, давая решения одних проблем, порождая новые, меняя характер и образ жизни людей. Плоды науки и техники могли быть использованы на благо человечества и во вред ему. Зависело это от множества факторов и в первую очередь от конкретных социально-экономических условий в различных странах в различные исторические эпохи.

Надо сказать, что, преломляясь сквозь призму буржуазного мировоззрения, глобальные проблемы породили на Западе самые различные теории и воззрения: от откровенно апологетических, провозглашающих незыблемость капитализма и объявляющих его гарантом освобождения человечества от всех трудностей и проблем, до радикально-критических, выводы которых — часто даже помимо воли авторов — выходят за рамки капиталистической системы. Вместе с тем все эти интерпретации дают — в тех или иных вариантах, с большими или меньшими искажениями — неадекватную картину глобальной проблематики в целом и отдельных ее нынешних проявлений.

Все это, разумеется, вовсе не означает, что мы должны отказываться от использования накопленного на Западе позитивного материала, связанного с изучением глобальных процессов, или можем позволить себе не быть постоянно в курсе новейших достижений научной мысли в этой важной для всех области. Напротив, сам характер этих проблем диктует необходимость координации научных исследований в мировом масштабе, широкого международного сотрудничества. Недостаточное знание того, что уже сделано в науке — как в нашей стране, так и за рубежом, — нередко заставляет заново открывать уже известное, тратить время, усилия и средства на разработку уже принятых в мировой науке методик. Быть в курсе достижений мировой науки советским ученым помогают широкие международные научные связи и контакты, тот высокий авторитет, который завоевала советская наука у мировой научной общественности.

Разработка проблем глобального развития ведется советскими учеными по двум основным направлениям. Первое ориентируется на всестороннее изучение некоторых сторон, форм и конкретных проявлений глобальной проблематики в отдельных областях и сферах развития природы и общества. Накопление и обобщение эмпирического материала ведется здесь преимущественно в рамках традиционных научных дисциплин или при их тесном сотрудничестве.

Советскими учеными получены интересные результаты в изучении социальных аспектов охраны окружающей среды, проблем демогра-

фии, ведутся работы по более эффективному использованию энергетических ресурсов и созданию новой технологии, позволяющей применять нетрадиционные источники энергии, исследуются возможности более рационального использования природных ресурсов и т. д.

Именно эти конкретные исследования создают фундамент для развития второго направления глобальных исследований — более углубленного познания общих закономерностей эволюции глобальной системы как целостного феномена. Первостепенное, центральное значение приобретает здесь марксистская философия, являющаяся методологической основой конкретных социально-экономических исследований.

Изучение глобальной проблематики неминуемо включает в себя вопрос об организации эффективного междисциплинарного взаимодействия, разработке современных комплексных научных методик. Даже тот относительно небольшой опыт, который накоплен в изучении этих процессов, показывает, что при их исследовании представления о междисциплинарном синтезе как о механическом соединении изолированно существующих дисциплин оказываются малоплодотворными. С другой стороны, и рассуждения о «стыках» наук, «мостах» между ними и т. д. — не более чем образы, использование которых, быть может, помогает выразить словами определенные интуитивные представления, но не продвигает действительное познание сущности. Вопрос этот гораздо сложнее, и для его решения потребуется, по-видимому, использовать весь арсенал современного исследования: глубокие философские рассуждения, конкретный социально-экономический анализ, математические модели и широкое накопление необходимой эмпирической информации.

Системный подход и глобальные исследования

Сейчас ни у кого уже не вызывает сомнения необходимость системного подхода к научному изучению глобальных процессов и тенденций их развития. Вместе с тем констатация этого достаточно очевидного факта вовсе не гарантирует, что именно такое, системное рассмотрение будет реализовано в практике научного исследования: оно может остаться благим намерением или, что еще хуже, оказаться лишь фасадом, который прикрост применение устаревших уже традиционных аналитических методов, неадекватных сложности объекта исследования. Дело в том, что системный подход, системный анализ, системные исследования — не просто модные слова, свидетельствующие о понимании исследователем сложности и комплексности поставленных перед ним задач, это — научная методология, и, как и всякая иная научная методология, она требует для своего успешного применения специальных знаний и навыков. Более того, свои особые требования предъявляют к разработке конкретных методик системного исследования глобальных проблем не только специфика самих этих проблем, но и специфика задач, стоящих перед исследователем. Один из научных методических инструментов, позволяющих реализовать системный подход применительно к исследованию глобальной проблематики, — глобальное моделирование, применение которого во многих странах уже дало определенные положительные результаты.

Существенной чертой развития науки и техники в последние десятилетия стали исследования сложных систем различной природы, решение таких задач, которые отличаются многофакторностью, многокритериальностью, сочетанием свойств и характеристик, как поддающихся формализации, так и весьма ограниченно познаваемых на этой основе, изучение систем, включающих в себя социальные, «человеческие» факторы в органическом единстве с экономическими и техническими факторами. Все это обусловило необходимость реализации действительно междисциплинарного подхода, поиска новых теоретических средств — понятий, методов, принципов и т. д. и применения вычислительной технической базы.

Хотя разработка системных принципов осуществляется как в рамках отдельных дисциплин (биология, социология), так и на междисциплинарной основе, в целом концептуальный аппарат системных исследований имеет ярко выраженную комплексную, интегративную направленность, обусловленную единством их познавательных и преобразующих функций. Это единство, составляющее важнейшую особенность системных исследований как области научной деятельности, заключается в устойчивой ориентации последней на познание не только и не столько явлений «самих по себе», сколько способов практического овладения ими, на изучение сущности комплексных (в том числе глобальных социально-экономических) проблем вместе с альтернативными путями их разрешения.

Возникающие при этом задачи прогнозирования, выработки и сравнения альтернатив, обоснования организационно-управленческих решений и т. п. носят сложный, комплексный характер и требуют учета множества разнородных количественных и качественных факторов, определяющих не только «технологическое», но и социальное функционирование исследуемых объектов. Многие проблемы управления научно-техническим прогрессом связаны со среднесрочным и долгосрочным прогнозированием и планированием, подготовкой крупномасштабных народнохозяйственных решений, изучением процессов ре-

гионального и глобального развития и т. д., а потому глубоко системны по своему содержанию.

Характер этих проблем потребовал создания системы методологических средств, обеспечивающих не только проведение соответствующих исследований, но и принятие решений, затрагивающих всю совокупность опирающейся на науку практической деятельности.

Методологию подобного вида и представляет собой, в частности, системный подход, в задачу которого входит обобщенное конкретно-научное выражение основных принципов, понятий и методов системных исследований в целом.

Не останавливаясь здесь на характеристике философских проблем системных исследований*, отметим лишь два момента, которые представляются важными в связи с темой данной статьи.

1. Системный подход выступает как одно из общенаучных методологических направлений. Это означает, что независимо от той конкретной формы, в которой он первоначально возник, системный подход в его современном виде ориентирован не на какую-либо специальную науку (сколь бы важное место в системе научного знания она ни занимала), а на науку в целом, на интеграцию — разумеется, под специфическим углом зрения — достижений общественных, естественных и технических наук, а также опыт практической деятельности, прежде всего в области организации и управления. Идеал системного подхода — это системный синтез, в котором воплощается интеграция специальных знаний, реализуется действительно междисциплинарное, синтетическое видение объекта.

В то же время общенаучный характер системного подхода обусловливает его особенно тесную связь с философией. Не претендуя на философскую общность своих выводов, системный подход выступает как одно из связующих звеньев между философской методологией диалектического материализма и методологией специальных наук. Являясь отражением и результатом многоуровневой структуры современного научного познания, такая взаимосвязь философии и специальных наук через посредство общенаучных понятий и концепций служит одним из эффективных путей укрепления союза диалектико-материалистической философии с общественными, естественными и техническими науками.

2. Существенная отличительная особенность методологии системного исследования — ее непосредственная направленность на решение конкретных практических проблем. Глобальные проблемы современности — один из наиболее характерных и значимых (но далеко не единственный) примеров таких проблем. Эта практическая ориентация находит свое отражение в системном анализе, который преимущественно связан с разработкой теоретико-методологических средств исследования слабо структурированных проблем, конструирования систем для их решения, которые включают человеческий фактор, управляющий этими системами. Среди таких средств особое место занимает метод моделирования; при этом модель включает как формализуемые, так и неформализуемые компоненты, без которых нельзя в достаточной мере отразить сложные взаимосвязи изучаемых проблем и процессов.

Таким образом, системные исследования призваны решать триединую задачу: аккумулировать в общенаучных понятиях и концепциях новейшие результаты общественных, естественных и технических наук, касающиеся системной организованности объектов действительности и способов их познания; вбирать в себя принципы и опыт развития диалектико-материалистической философии, прежде всего результаты разработки философского принципа системности и ряда связанных с ним категорий; применять разработанный на этой основе концептуальный аппарат и средства моделирования для решения актуальных комплексных проблем.

Глобальное моделирование: вопросы методологии, поиски и решения

За последнее десятилетие моделирование глобального развития, или глобальное моделирование, прошло путь от первых экспериментов до самостоятельной области научных исследований, в которые включаются новые, все более крупные коллективы специалистов, целые институты.

Первые попытки использования методов системного моделирования для изучения процессов глобального развития связаны с деятельностью Римского клуба*, в частности, с первыми двумя проектами, осуществленными под эгидой этой

* Эти вопросы рассмотрены, в частности, в статье Д. М. Гвишиани «Материалистическая диалектика — философская основа системных исследований» (Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник 1979. М., 1980).

* Римский клуб — родившаяся в 1968 г. международная неправительственная организация, объединяющая около 100 видных ученых, представителей политических и деловых кругов, общественных деятелей из многих стран мира. Основная цель Римского клуба — обсуждение и изучение глобальной проблематики. Подробнее о деятельности этой организации можно прочитать в опубликованной в СССР под редакцией автора настоящей статьи книге президента Римского клуба, видного итальянского общественного деятеля А. Печчеи (*A Peccei*) (см.: Печчеи А. Человеческие качества. М.: Прогресс, 1980).

организации. Первый доклад Римскому клубу, подготовленный международным коллективом ученых под руководством американских ученых Денниса и Донеллы Медоузов (*Meadows*) и опубликованный в 1972 г. под названием «Пределы росту», носил ярко выраженный «алармистский» характер. Он был весьма уязвим для критики в методологическом отношении. Признавая справедливость большинства упреков в адрес его авторов (в частности, касающихся неправомерности рассмотрения мира без дифференциации его по регионам, тенденциозного подбора заложенной в модель информации, во многом определившего характер выводов, слабости концептуальной и содержательной части модели и т. д.), необходимо вместе с тем подчеркнуть, что это была первая глобальная модель и все ее ошибки и просчеты явились стимулом для дальнейших поисков в этом направлении.

Опубликованный два года спустя Второй доклад — «Человечество на перепутье», — был подготовлен под руководством М. Месаровича (*Mesarovic*, США) и Э. Пестеля (*Pestel*, ФРГ). В отличие от Первого доклада мир в нем рассматривался не как некое усредненное недифференцированное целое, а был поделен на десять взаимосвязанных между собой регионов, различающихся по своим социально-экономическим характеристикам и механизмам функционирования и управления. Различны были и выводы: если Первый доклад, по сути дела, призывал человечество к снижению темпов прироста производства и населения до уровня простого воспроизводства, то Второй — рекомендовал дифференциацию темпов и целей в соответствии со спецификой отдельных регионов. Выдвинутая в докладе концепция взаимозависимого развития выделенных регионов предполагала, по сути дела, закрепление за развивающимися странами подчиненного положения в мировой экономике, отводя им роль поставщиков сырья и дешевой рабочей силы и фиксируя их социально-экономическое и научно-техническое отставание, и отнюдь не соответствовала тому названию «концепции органического роста», которое дали ей авторы.

Поскольку в данном контексте особый интерес для нас представляет методологическая сторона данного проекта как отражение определенного этапа в развитии методики глобального моделирования, то здесь необходимо отметить, что, помимо более высокого уровня дезагрегации, в проекте использовался более гибкий сценарный аппарат, позволявший проигрывать на модели альтернативные варианты развития глобальной системы при различных исходных допущениях.

С тех пор в различных странах было осуществлено множество проектов, основанных на использовании методов системного моделирования.

В последние годы наметилось определенное изменение государственной политики развитых капиталистических стран в отношении глобальных проблем и признания их актуальности. Если в конце 60-х — начале 70-х годов глобальными проблемами занималась в основном научная общественность, а глобальные проекты носили главным образом научно-пропагандистский характер, имея целью привлечь внимание мировой общественности к возможным последствиям современного развития, то к концу 70-х — началу 80-х годов один за другим появляются глобальные проекты принципиально иного рода. Эти проекты носят государственный, полугосударственный и межгосударственный характер. К их числу относятся проекты: «Япония. XXI век» (Япония), «Интерфьючурс» (Организация экономического сотрудничества и развития), «Глобальный 2000» (США).

«Глобальный 2000» подготовлен Советом по качеству окружающей среды и Госдепартаментом США в соответствии с директивой президента США при участии широкого круга федеральных ведомств, включая ЦРУ, НАСА, министерства энергетики, сельского хозяйства и др. При реализации проекта была предпринята попытка использовать модели отдельных секторов экономики, разработанные в разное время в различных ведомствах страны, а также проекты по глобальному моделированию различных международных организаций, включая ООН и Римский клуб.

Особенно трудной проблемой, которую, по собственному признанию авторов, им так и не удалось решить, оказалась здесь взаимная увязка этих разных по структуре и задачам моделей в рамках поставленных перед проектом в целом исследовательских целей: проследить до 2000 г. тенденции роста народонаселения, обеспеченности природными ресурсами и состояния окружающей среды в глобальном масштабе. Данное исследование было призвано послужить фундаментом долгосрочного планирования в США.

В основу проекта «Глобальный 2000» были положены следующие допущения. Во-первых, предполагалось, что во всем мире останется почти неизменной в течение рассматриваемого периода проводимая ныне государственная политика в отношении стабилизации численности населения, природных ресурсов и окружающей среды. Во-вторых, авторы исходили из того, что быстрые темпы освоения технических нововведений будут сохраняться, а темпы экономического развития — ускоряться. Наконец, в-третьих, предполагалось, что не произойдет существенных нарушений в международной торговле в результате войн, потрясений международной валютной системы или политических кризисов.

Поскольку авторам не удалось полностью устранить противоречия и несогласованность ме-

Рис. 1. Машинные залы Всесоюзного научно-исследовательского института системных исследований ГКНТ и АН СССР (ВНИИСИ)

Рис. 2. Информационный банк данных (ВНИИСИ). Здесь на магнитных лентах хранятся данные, используемые для решения различных задач с помощью ЭВМ

жду использованными моделями, соответствующие «секторальные» прогнозы оказались увязанными не параллельно, а последовательно. В результате оказались разорваны внутренние обратные связи между секторами, и «взаимосвязи» между ними свелись, по сути дела, к тому, что прогнозные оценки одного сектора (например, численности народонаселения) вводились в качестве исходных для построения прогнозов по другому сектору (например, спросу на продовольствие). При этом в качестве рабочей гипотезы использовалось допущение, что потребности всех и каждого секторов в капитале, энергии, земле, воде, минеральных ресурсах и т. д. будут удовлетворены.

Несмотря на эти оптимистические допущения, приуменьшающие опасность потенциальных проблем, с которыми может столкнуться мир на пороге XXI в., выводы проекта в общем и целом весьма пессимистичны. Вкратце они сводятся к следующему. Численность населения мира превысит к 2000 г. 6 млрд. человек, 80% из них будет проживать в развивающихся странах в очень трудных условиях. Разрыв в уровне валового национального продукта на душу населения между самыми богатыми и беднейшими странами

Рис. 3. Дисплейный зал (ВНИИСИ). Сотрудники института работают на ЭВМ в режиме разделения времени (одновременное решение нескольких задач на одной и той же ЭВМ)

Рис. 4. С помощью ЭВМ решается задача по демографии (ВНИИСИ)

увеличится с 4000 долларов в 1975 г. до 7900 долларов в 2000 г. Хотя производство продовольствия к 2000 г. в целом, по прогнозам авторов, возрастет вдвое, среднее увеличение потребления на душу населения составит менее 15%, при этом ситуация в отдельных развивающихся регионах скорее всего еще более ухудшится.

Существенные трудности предвидят авторы в обеспечении энергетическими ресурсами. В соответствии с выводами проекта преобладающая роль в энергоснабжении сохранится за органическим топливом, около 50% энергопотребностей *будет удовлетворяться* за счет нефти. Доля угля несколько сократится за счет увеличения доли ядерной энергии, доля же так называемых нетрадиционных источников (солнечной, геотермальной и других видов энергии) останется до 2000 г. незначительной.

Наиболее серьезные последствия современных тенденций развития ожидаются в области окружающей среды. Вредное влияние на атмосферу, разрушение почв, уничтожение значительной части тропических лесов, гибель огромного количества биологических видов, сокращение водных ресурсов, порча земель, опустынивание — таковы особенно тревожные из предсказываемых в проекте проявлений этого воздействия.

Ученые и политические деятели США и других развитых капиталистических стран считают весьма вероятным, что к концу XX — началу XXI в. глобальные проблемы станут одним из наиболее важных, если не определяющим фактором при принятии стратегических решений в области международной политики.

В правящих кругах США, по-видимому, укрепляется мнение, что обострение глобальных проблем к началу XXI в. будет благоприятствовать попытке американского империализма вернуть себе утраченное мировое лидерство.

Во всех упомянутых выше западных глобальных проектах четко прослеживается воздействие исходных мировоззренческих и идеологических установок. Это проявляется не только в исходных допущениях, но и в выборе круга исследуемых явлений, тенденциозном подборе статистической информации и многих других.

В нашей стране за последние годы значительно усилилась работа по научно-техническому и социально-экономическому прогнозированию. Важнейшее значение имеет «Комплексная программа научно-технического прогресса на 20 лет», ставшая важнейшим предплановым документом. Уже дважды в порядке опыта такая программа разрабатывалась при самом активном участии Академии наук СССР, ГКНТ, ведущих научно-исследовательских организаций страны. В настоящее время в соответствии с постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР об улучшении планирования и усилении воздействия хозяйственного механизма на повышение эффективности производства и качества работы (12 июля 1979 г.) реализуется третий этап работы над Комплексной программой, рассчитанной уже до 2005 г.

Эта программа призвана концентрированно сформулировать важнейшие научные, технические, социально-экономические задачи на перспективу, решение которых позволит вывести все отрасли нашего народного хозяйства на передовые рубежи науки и техники. Очевидно, что при разработке перспектив развития нашей страны мы не можем не учитывать общие процессы

Рис. 5. Зал для семинаров (ВНИИСИ). В центре табло, на которое из ЭВМ выводится требуемая информация

мирового развития, глобальные проблемы человечества, тот планетарный контекст, в котором будет осуществляться наше движение вперед. В связи с этим многие аспекты глобальных проблем получат глубокое отражение в разрабатываемой программе. Важнейшая особенность Комплексной программы, чрезвычайно богатой эмпирическими данными, которые характеризуют состояние и возможные альтернативы научно-технического развития и его социально-экономических последствий, состоит в том, что она в своей основе опирается на научно обоснованное видение будущего, на марксистско-ленинскую науку об обществе, вооружающую исследователей научно-обоснованными мировоззренческими установками.

Анализ подходов, существующих как в нашей стране, так и за рубежом, дает богатый материал для обобщений и создания системы моделирования процессов глобального развития, объединяющей достоинства различных направлений и обеспечивающей весь цикл работ по созданию машинной модели.

Если моделирование осуществляется на подлинно научной основе, то оно позволяет учитывать системность и комплексность динамики в самих глобальных процессах, включая сюда и социальные их составляющие, обеспечивая таким образом адекватный характеру этих процессов уровень их исследования. При этом, однако, следует постоянно иметь в виду, что успешное решение научных задач во многом определяется их четкой и строгой научной постановокой. Между тем постановка глобальных проблем, характерная для первых из предпринимавшихся опытов глобального моделирования, например для уже упоминавшегося Первого доклада Римскому клубу, носила на себе печать «алармизма» и зависела от специфики восприятия этих проблем определенными кругами западной интеллигенции. Та-

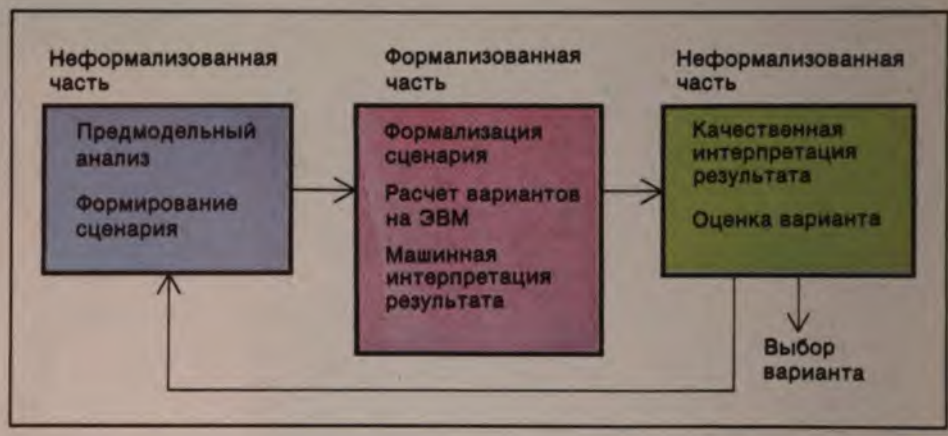


Рис. 6. Схема процесса исследования глобального развития

кого рода субъективные исходные установки значительно снижают эффективность использования глобального моделирования как научной методики. Вот почему при построении и использовании глобальных моделей особую важность приобретает обсуждение и глубокое методологическое осмысление глобального моделирования, его возможностей и пределов.

Моделирование включает три основных этапа: подготовку, исследование и использование моделей. На этапе подготовки модели осуществляется сбор, накопление, преобразование и анализ статистической информации, формулирование и формализация гипотез относительно описания тех или иных процессов, создание вычислительных программ отдельных подмоделей, объединение отдельных подмоделей в единую модель исследуемого объекта, построение и формализация альтернативных сценариев развития. Исследование модели включает проверку адекватности модели и определение области ее применения, идентификацию параметров модели, исследование устойчивости решений и их чувствительности к изменениям параметров модели и управляющих воздействий. Этап использования модели заключается в исследовании поведения моделируемого объекта при различных сценариях развития, а также поиск оптимальных решений. Значительных усилий на этом этапе требует интерпретация результатов моделирования, связанная с анализом больших объемов информации.

При математическом моделировании процессов, протекающих в социально-экономических системах, возникает целый ряд трудностей, обусловленных свойствами этих систем. Наиболее серьезная из них связана с тем, что нам неизвестны точные количественные законы развития данных процессов, а лишь некоторые эмпирические закономерности в узких областях знания, справедливые при некоторых, вполне определенных условиях. Поэтому оказывается невозможным создать некую «единую» модель, пригодную для ответа на широкий круг вопросов. Как и в большинстве задач системного анализа, при исследовании процессов глобального развития для каждой конкретной цели необходимо строить свою особую модель, которую получают в результате длительных междисциплинарных исследований, проводимых специалистами в различных областях общественных, естественных и технических наук.

Рассматривая глобальное моделирование как достаточно эффективный инструмент исследования процессов мирового развития, необходимо отдавать себе отчет в том, что возможности этого метода имеют определенные пределы и ограничения. В этой связи хотелось бы отметить две характерные его черты. Важный фактор, в значительной степени воздействующий на качество результатов, — это уровень дезагрегации модели, т. е. степень подробности в описании процессов. Казалось бы, чем больше информации мы используем, тем более точными будут выводы. Однако здесь необходимо учитывать следующее обстоятельство: чем большим становится число параметров, с помощью которых мы описываем поведение глобальной системы, и чем, следовательно, сложнее делается модель, тем больше мы рискуем перейти так называемый интерпретационный порог, т. е. потерять способность реально воспринимать и оценивать эти результаты.

С другой стороны, использование в моделях слишком высоко агрегированных показателей чревато серьезными ошибками другого рода: подсознательным или сознательным проецированием в будущее тех тенденций, структур, взаимосвязей и представлений, которые кажутся привычными сегодня. Эти заложенные в слишком высокоагрегированных моделях «парадигмы сегодняшнего дня» неизбежно искажают картину будущего, ибо развитие, как известно, отнюдь не сводится к чисто количественным изменениям, а подразумевает глубокую перестройку самой структуры отдельных социально-экономических процессов и взаимодействий между [illegible] именно они и играют здесь решающ

Этот историзм понятий слу

пятствием для создания формальных теорий, которые бы позволили с достаточным временным горизонтом прогнозировать социально-политические явления и процессы. Неизбежный здесь субъективный, оценочный фактор, о котором сейчас так много говорят специалисты по социальным и политическим наукам, определяет недостаточную надежность получаемой информации.

Неправомерность переноса на изучение процессов долгосрочного глобального развития тех принципов и методов, которые оказываются эффективными в краткосрочном и среднесрочном экономическом прогнозировании, заставляет искать иных путей и решений.

Одним из способов преодолеть эти трудности и рассмотреть с помощью моделей явления и процессы, которые либо вообще не поддаются формализации, либо не могут быть полностью формализованы на нынешнем уровне развития научного знания, служит сценарный метод. Переменные, оказывающие существенное влияние на динамику процесса глобального развития, но не поддающиеся строгой формализации, объединяются в группу сценарных переменных. С помощью этого метода можно построить и исследовать различные альтернативные варианты глобального развития, оценивать последствия тех или иных альтернативных решений.

Именно в углубленном понимании возможных альтернатив мирового развития, а не в создании претендующих на достоверность прогнозов, мы и видим главную цель глобального моделирования.

Такое понимание исследовательских задач нашло отражение в проекте «Моделирование глобального развития», разрабатываемом с 1977 г. во Всесоюзном Научно-исследовательском институте системных исследований ГКНТ и АН СССР (ВНИИСИ). Прежде всего цель проекта — создание не какой-то одной глобальной модели, имитирующей развитие мировой системы и так или иначе фиксирующей взаимозависимость между отдельными ее подсистемами, а системы моделирования. Она включает в себя систему моделей глобального развития, банк данных, блок формализации сценариев, блок алгоритмов и программ, блок интерпретации результатов и, наконец, диалоговую систему, позволяющую «общаться» с машиной. Такая структура системы моделирования позволяет непрерывно расширять ее исследовательские возможности, изменяя в зависимости от конкретной задачи число моделей, наращивая банк данных, совершенствуя сценарный аппарат.

Процесс исследования глобального развития с помощью человеко-машинной системы схематически представлен на рис. 6. Одно из достоинств этой системы моделирования заключается в том, что она избегает нередко возникающих при

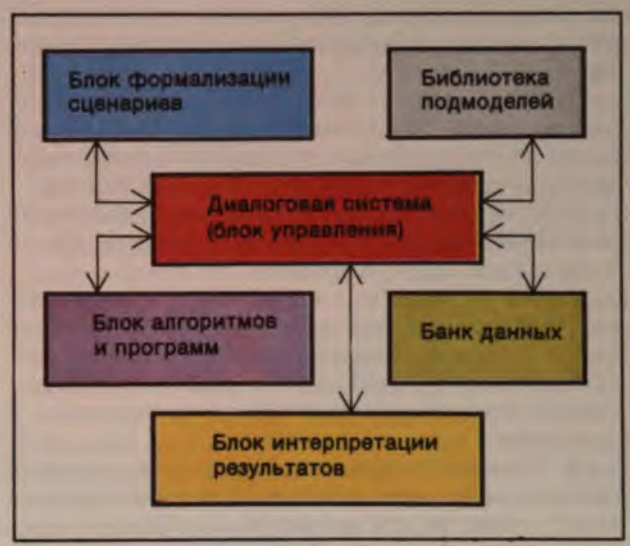


Рис. 7. Структура системы моделирования

общении с ЭВМ «машинного фетишизма» или развития «машинных комплексов неполноценности». С данной системой благодаря детально разработанной диалоговой системе сможет работать любой эксперт, даже не знакомый ни со специализированным машинным языком, ни с принципами «перевода» на него.

Создание такой принципиально новой системы моделирования потребовало ряда новых научных и технических решений. Кое-что нам уже удалось довести до конца, принципиальные пути устранения отдельных трудностей уже видны, но есть и задачи, которые мы пока решить не можем. Вместе с тем ряд интересных проблем с помощью этой системы моделирования можно с успехом решать уже сегодня. Разрабатываемая во ВНИИСИ система моделирования процессов глобального развития основана на следующих принципах.

1. Человеко-машинный подход — все этапы построения, исследования и использования моделей процессов глобального развития осуществляются в режиме диалога исследователя и ЭВМ.

2. Универсальность — способность системы создавать модели для решения широкого класса задач исследования динамики долгосрочных процессов глобального развития, содержать основную информацию для задач рассматриваемого класса.

3. Адаптивность — возможность легко перестраивать исходную модель, а также методы исследования в соответствии с новой постановкой задачи.

4. Сочетание количественных и качественных методов исследования — использование преимуществ формального моделирования и неформальных возможностей человека, привлечение как можно большего числа относящихся к

проблеме факторов, включая те явления, динамика которых неформализуема в настоящее время.

5. Открытость — способность системы изменяться, совершенствоваться с ростом знания путем замены и дополнения существующих элементов более совершенными, новыми блоками.

6. Кумулятивность — способность накопления знания, модельной, сценарной, алгоритмической и статистической информации.

7. Специфичность — способность использовать общие свойства рассматриваемого класса задач, для которого предназначена система моделирования, и на этой основе упрощать и повышать эффективность используемых алгоритмов и программ.

8. Простота в использовании — доступность системы исследователю на всех этапах моделирования; возможность организации общения человека с ЭВМ таким образом, чтобы исследователь давал запросы машине и получал ее ответы на языке, близком к естественному, в понятных ему терминах и категориях; возможность работать с моделью, не знакомясь с деталями самой системы, получать промежуточную и итоговую информацию в виде, доступном для содержательной интерпретации результатов.

В соответствии с изложенными принципами предложена структура системы моделирования, состоящая из трех основных частей: библиотек, специальных блоков и блока управления системой (рис. 7).

В настоящее время с помощью этой системы строится девятирегиональная модель мирового развития, учитывающая взаимное влияние и взаимную динамику социальных, экономических, экологических, демографических и других процессов, а также различные варианты развития мировой энергетики. Первая версия этой модели уже построена. С ее помощью можно проигрывать и исследовать альтернативные сценарии развития мира, связанные, в частности, с вопросами мира и разоружения, переключения на нужды социально-экономического развития средств, тратящихся на военные цели, различные варианты развития демографической ситуации в отдельных регионах и мире в целом и т. д. Предполагается исследование альтернативных сценариев мирового развития при различных уровнях кооперации между отдельными странами и регионами. Степень и интенсивность межрегионального взаимодействия оказывают существенное воздействие на решение наиболее острых глобальных проблем современности. Интересные результаты дали проведенные с помощью системы моделирования исследования обеспечения продовольствием растущего населения планеты при различных допущениях о росте численности населения и развития сельскохозяйственного производства.

Следует еще раз подчеркнуть, что сама по себе модель, группа моделей или даже система моделирования не дают никаких готовых результатов, ничего не предлагают и ничего не предсказывают. Они, как и всякий инструмент, хороши только в искусных руках, а качество проводимых с их помощью исследований определяется в конечном счете глубиной и содержательностью тех концептуальных, содержательных разработок, которые лежат в основе любого имитационного эксперимента.

Усложнение социально-экономических проблем, обретающих глобальный характер и требующих активного отклика и действий со стороны науки как института, ответственного за человеческое познание, заставляет все чаще вспоминать о общечеловеческом, глобальном характере и самой мировой науки. Эффективное решение глобальных проблем ею предполагает широкое международное сотрудничество ученых всего мира, и сейчас уже становится недостаточно тех традиционных форм научно-технического сотрудничества, которые сводятся к простому обмену опытом и информацией, оставляя прерогативой национальной науки само финансирование и проведение научных исследований.

Проявлением этих новых тенденций в мировой науке можно считать и развитие новых форм организации научного исследования, которые одновременно сочетают сотрудничество на междисциплинарном и на международном уровне, позволяющее максимально концентрировать усилия и средства на решении наиболее актуальных современных проблем.

Уже более 10 лет в Вене успешно работает Международный институт прикладного системного анализа — ИИАСА, который по своей научной тематике, научно-организационной структуре и составу исследовательского коллектива представляет собой научное учреждение нового типа, основанное на международной и междисциплинарной кооперации ученых. ИИАСА был создан по инициативе СССР и США в 1972 г. Члены ИИАСА — научные организации 17 стран. Советский Союз представлен в Институте Академией наук СССР, участие которой в ИИАСА координируется Комитетом по системному анализу при Президиуме АН СССР (КСА).

Институт сотрудничает с различными национальными и международными организациями, активно поддерживающими его научную деятельность. Наряду с работами по методологии системного анализа в ИИАСА проводятся широкие прикладные исследования по таким актуальным аспектам глобальной тематики, как перспективное развитие мировой энергетики, эффективное использование водных ресурсов, анализируются проблемы здравоохранения, организация человеческих поселений и управления демографические проблемы.

Рис. 8. Замок Лаксенбург (Австрия), в котором находится Международный институт прикладного системного анализа (ИИАСА)

В 1973 г. в ИИАСА были начаты исследования по одному из важнейших направлений — программе «Энергетические системы»*. Эти работы возглавлял известный западногерманский специалист в области энергетики В. Хефеле (*Häfele*). В программе на разных этапах ее реализации принимало участие более 140 специалистов из 20 стран, в том числе и СССР. Цель программы состоит в изучении перспектив развития мировой энергетики на период 1980—2000 гг.

При осуществлении энергетического проекта ИИАСА широко использовался метод математического моделирования. В качестве основного метода прогнозирования специалистами ИИАСА использован подход, основанный на разработке альтернативных сценариев роста энергопотребления и возможного сочетания различных источников энергии. Для уменьшения фактора неопределенности в исследованиях были рассмотрены два граничных сценария: первый — для относительно высоких вероятных темпов роста мировой экономики и второй — для более низких темпов.

Основной вывод исследования ИИАСА относительно перспектив удовлетворения глобальных энергетических потребностей на последующие 50 лет выглядит достаточно обнадеживающим. Предполагается, что в течение этого периода население земного шара удвоится, достигнув 8 млрд. человек. Даже при очень медленных темпах экономического роста, широком применении мер по экономии энергии и внедрению энергосберегающих технологий общее глобальное энергопотребление возрастет в 3—4 раза по сравнению с сегодняшним уровнем. Тем не менее междисциплинарный анализ международной группы ученых ИИАСА показал, что имеющиеся ресурсы и дальнейшее развитие технологии смогут обеспечить это значительно возросшее потребление, хотя достигнуто это может быть только путем полного использования всех имеющихся в наличии энергетических ресурсов, включая и ресурсы с большой степенью загрязнения окружающей среды и с большой стоимостью извлечения.

Активное участие советских ученых в энергетической программе ИИАСА способствует повышению эффективности проводимых в нашей стране исследований по долгосрочным перспективам развития энергетики СССР.

Обострение глобальных проблем послужило для прогрессивной общественности мира импульсом к осознанию взаимозависимости всех процессов и явлений, составляющих ныне единый мировой процесс, к осознанию необходимости взаимопонимания между людьми и народами, к расширению борьбы за разрядку и сотрудничество.

В этом смысле обострение глобальных проблем в некотором смысле сыграло для человечества ту роль, которую для человека играют стрессы. Еще недавно в физиологии стресс считался отрицательным явлением, а его воздействие на человеческий организм — разрушительным. Однако постепенно стала очевидна неправомерность такой чисто негативной оценки его последствий: оказалось, что стресс совершенно необходим человеческому организму как механизм адаптации к новым, необычным для него условиям. Возможно, такое же стрессовое воздействие суждено оказать на все человечество обострению глобальных проблем.

---

* Итоговым документом первой фазы энергетической программы ИИАСА стала двухтомная монография «Энергетика в мире с ограниченными ресурсами: глобальный энергетический анализ», в которой освещены результаты 1973—1979 гг. Монография опубликована в г.

Святослав Сергеевич ЛАВРОВ.
(р. 1923) — специалист в области механики, автоматического управления и прикладной математики, член-корреспондент АН СССР, профессор, директор Института теоретической астрономии АН СССР.
В 1944 окончил Ленинградскую военную воздушную академию, а в 1954 — Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова.
В 1957 получил степень доктора технических наук; с 1963 — профессор Московского государственного университета. В 1966 избран членом-корреспондентом АН СССР. Работал в промышленности (до 1966), затем в Вычислительном центре АН СССР (до 1971). С 1973 профессор Ленинградского государственного университета. С 1977 — директор Института теоретической астрономии АН СССР.
С начала 60-х гг. основные научные интересы почти целиком сосредоточены на вопросах системного и теоретического программирования. Участвовал в реализации ряда алгоритмических языков на отечественных ЭВМ.

СВЯТОСЛАВ СЕРГЕЕВИЧ ЛАВРОВ

Программная поддержка прикладных исследований

Хорошо известно, что новое рождается в борьбе, в результате конфликта противоречивых тенденций и приводит к разрешению — может быть, временному — этого конфликта.

Электронные вычислительные машины с момента своего появления породили различные конфликты, осложняющие программирование, но и стимулирующие его развитие. Программирование здесь понимается в широком смысле — как все виды деятельности, направленной на решение на ЭВМ конкретной задачи. Программист — это человек, занимающийся подобной деятельностью, хотя сам он себя программистом обычно не называет, не считает и не хочет им быть, стремясь как можно больше усилий тратить на саму задачу, а не на то, что связано с ее программированием в более узком смысле слова, т. е. с детальным описанием действий, которые должна выполнить машина, чтобы получить решение задачи или приблизиться к нему. В этом и заключается тот конфликт, которому посвящена статья. Есть в программировании и другие, более специфические конфликты: между временем работы программы и пространством, которое эта программа занимает в памяти, между сложностью текста программы и ее эффективностью и т. п. Их мы прямо касаться не будем, хотя они довольно тесно связаны с первым.

Грубо говоря, он заключается в различии уровней языка человека и машины. Язык, на котором мы, люди, общаемся между собой, учим друг друга, спорим, приказываем, советуем, очень богат и емок. Он вмещает в себя все многообразие известных нам понятий, явлений и свойств окружающего нас мира. Язык машины отражает ее узкий и бедный внутренний мир — мир электронных сигналов: есть импульс — нет импульса, включено — выключено. Все слова этого языка записываются двумя «буквами» — 0 и 1. Правда, слова могут быть
сте с длиною быстро
этой длины —
изобрет
лучше сказать, текстов, могут выразить много смыслов — в этом потенциальное могущество машин как хранителей и преобразователей информации.

Но человека нельзя заставить без крайней нужды пользоваться информацией в таком виде. Ремонтируя машину или контролируя ее работу, инженер иногда бывает вынужден просмотреть несколько десятков или сотен нулей и единиц, но это — максимум, на что человек способен. Даже обслуживая, налаживая или проверяя машину, человек стремится получать информацию о ее внутреннем состоянии на более выразительном языке.

Уровень языка — это мера его близости к естественному человеческому языку. Чем меньше в языке специфически машинных подробностей, отражающих внутреннюю кухню хранения и обработки информации в машине, чем больше в нем символов, слов, текстов, непосредственно понятных человеку, тем выше уровень языка.

Итак, естественный язык и машинный язык — вот две крайности, две противоположности, между которыми лежат все средства общения человека с машиной, все языки программирования.

Немного истории. Долгий путь развития естественных языков привел к тому, что в большинстве из них в устной речи используется несколько десятков звуков, а в письменной — несколько десятков букв и других знаков. По-видимому, это количество оптимально для человека. Первый шаг на пути повышения уровня языка программирования — это замена групп нулей и единиц обычными знаками письменной речи. Например, группа 1001 соответствует цифре 9, группа 1101 — букве *D* и т. п. Тексты становятся более краткими (5*D*9 вместо 010111011001), но не более выразительными. Аналогичная кодировка, но в обратную сторону (знаки письменной речи
яются последовательностями нулей и еди-
ляет вводить в машину любые пись-
. При этом машина лишь запоми-

Система должна быть хорошо сбалансированной, все ее части должны иметь ясно определенные функции и четко взаимодействовать между собой.

Какими средствами могут быть достигнуты все эти цели?

Уровень языка системы повышается благодаря использованию в ней понятий абстрактного типа и абстрактного отображения. Абстрактный тип — это либо первичный тип, либо отношение. Первичный тип — это, грубо говоря, некоторая отдельная величина (для естественнонаучных приложений — физическая величина), отношение — величина, значения которой состоят из нескольких компонентов. Например, в астрономии первичные типы — это время, угол, масса, яркость и т. д., а отношения — это экваториальные координаты, элементы орбиты, звезда и пр. В последнем случае имеется в виду набор сведений о звезде, включаемых в звездные каталоги, — название звезды, ее координаты, спектральный тип, звездная величина, собственное движение и т. п.

При этом в понятии абстрактного типа мы абстрагируемся, во-первых, от различных возможных способов физического представления (или измерения) величины и ее компонент, во-вторых — от возможных представлений величины средствами традиционных языков программирования и тем более от машинного представления на более низком уровне.

Аналогично вводится понятие абстрактного отображения — указывается имя отображения, перечисляются его аргументы и результаты. И те и другие — это некоторые абстрактные типы.

Итак, на первый план выступают термины — имена типов, отношений и отображений — и структурные связи между ними — связи между отношением и его компонентами, между отображением и его аргументами и результатами. Эти связи могут быть достаточно сложными, так как компонентами отношения, аргументами и результатами отображения могут быть не только первичные типы, но и отношения. Уже эти связи позволяют сделать ряд полезных заключений о свойствах совокупности величин, представленных абстрактными типами. Например, мы можем знать, что некоторое абстрактное отображение

Зал запоминающих устройств на магнитных дисках в ИТА АН СССР

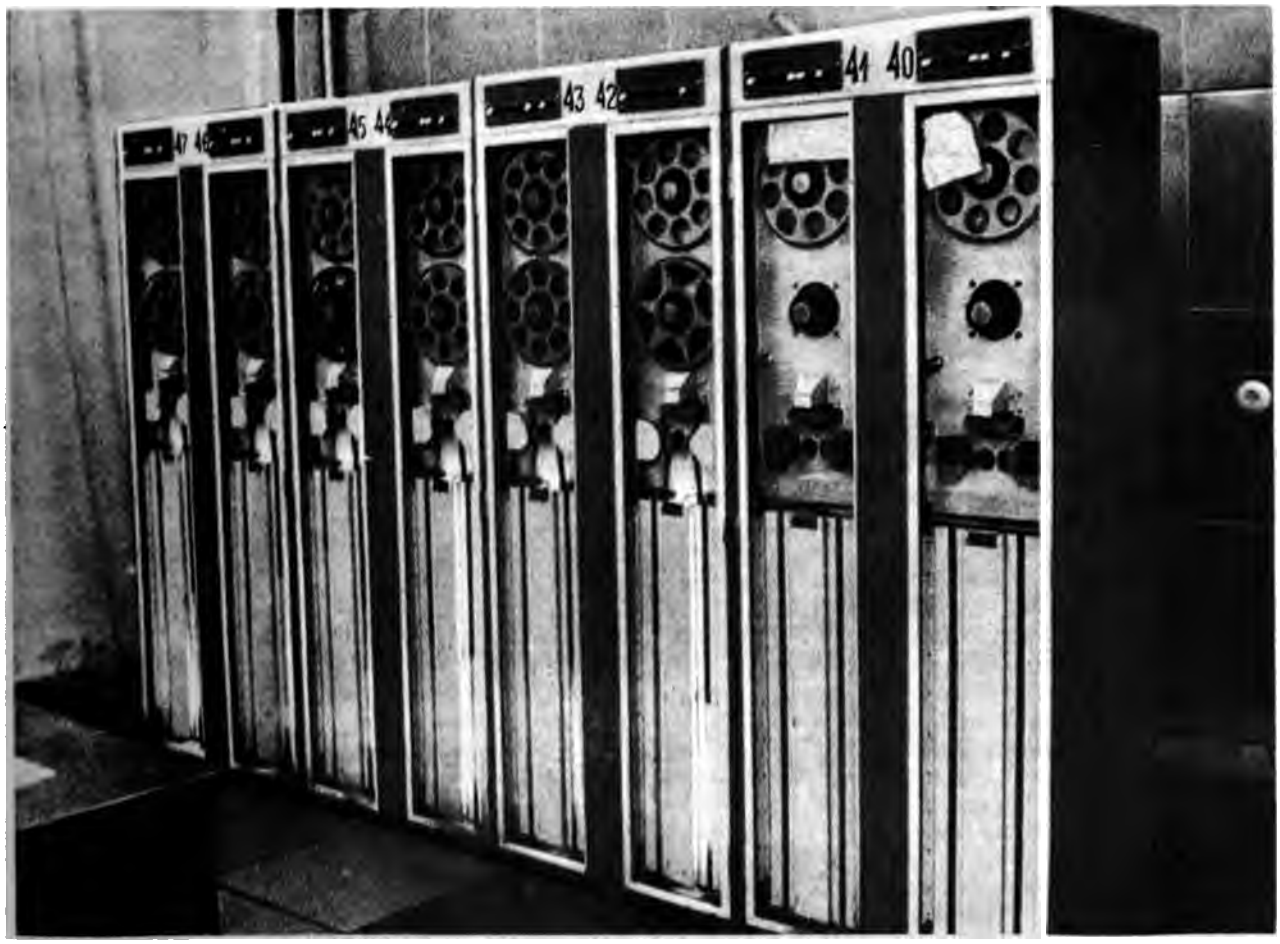
сопоставляет заданному набору элементов орбиты и заданному моменту времени прямоугольные координаты тела, движущегося по этой орбите, а другое отображение по координатам тела и наблюдателя (движущегося вместе со своей планетой по своей орбите) позволяет найти видимое положение наблюдаемого тела (для краткости мы не перечисляем всех исходных данных, реально необходимых для подобных вычислений).

Это создает основу для построения так называемой абстрактной программы — плана вычислений, сформулированного только в терминах абстрактных типов и отображений. Названные выше структурные связи позволяют строить лишь простейшие абстрактные программы. Возможности планирования вычислений значительно расширяются, если сформулировать дополнительные условия, накладывающие ограничения на применение того или иного отображения или указывающие, что желаемый результат еще не достигнут и требуется дальнейшее применение того же или других отображений.

Совокупность подобных условий характеризует свойства абстрактных типов и отображений и вместе с описанием их структуры составляет так называемую модель предметной области (МПО), к которой они относятся.

В терминах модели предметной области мы можем поставить задачу — указать, какие величины или их компоненты нам известны и какие требуется определить. Для такой задачи может быть построена абстрактная программа (хотя это далеко не простое дело, поэтому в системе СПОРА предусмотрена возможность «подсказок» планировщику абстрактной программы, а также возможность совместного планирования решения задачи системой и человеком). Но абстрактную программу еще нельзя выполнить: ведь абстрактное отображение, как мы его описали, — это только указание на существование связи между аргументами и результатами отображения, а не способ фактического вычисления результатов по значениям аргументов.

Поэтому язык «Декарт» предусматривает, что описание абстрактного типа или отображения должно содержать, кроме того, что уже было упомянуто (так называемой наружности типа или



Накопители на магнитных лентах (ИТА АН СССР)

Система должна быть хорошо сбалансированной, все ее части должны иметь ясно определенные функции и четко взаимодействовать между собой.

Какими средствами могут быть достигнуты все эти цели?

Уровень языка системы повышается благодаря использованию в ней понятий абстрактного типа и абстрактного отображения. Абстрактный тип — это либо первичный тип, либо отношение. Первичный тип — это, грубо говоря, некоторая отдельная величина (для естественнонаучных приложений — физическая величина), отношение — величина, значения которой состоят из нескольких компонентов. Например, в астрономии первичные типы — это время, угол, масса, яркость и т. д., а отношения — это экваториальные координаты, элементы орбиты, звезда и пр. В последнем случае имеется в виду набор сведений о звезде, включаемых в звездные каталоги, — название звезды, ее координаты, спектральный тип, звездная величина, собственное движение и т. п.

При этом в понятии абстрактного типа мы абстрагируемся, во-первых, от различных возможных способов физического представления (или измерения) величины и ее компонент, во-вторых — от возможных представлений величины средствами традиционных языков программирования и тем более от машинного представления на более низком уровне.

Аналогично вводится понятие абстрактного отображения — указывается имя отображения, перечисляются его аргументы и результаты. И те и другие — это некоторые абстрактные типы.

Итак, на первый план выступают термины — имена типов, отношений и отображений — и структурные связи между ними — связи между отношением и его компонентами, между отображением и его аргументами и результатами. Эти связи могут быть достаточно сложными, так как компонентами отношения, аргументами и результатами отображения могут быть не только первичные типы, но и отношения. Уже эти связи позволяют сделать ряд полезных заключений о свойствах совокупности величин, представленных абстрактными типами. Например, мы можем знать, что некоторое абстрактное отображение

Зал запоминающих устройств на магнитных дисках в ИТА АН СССР

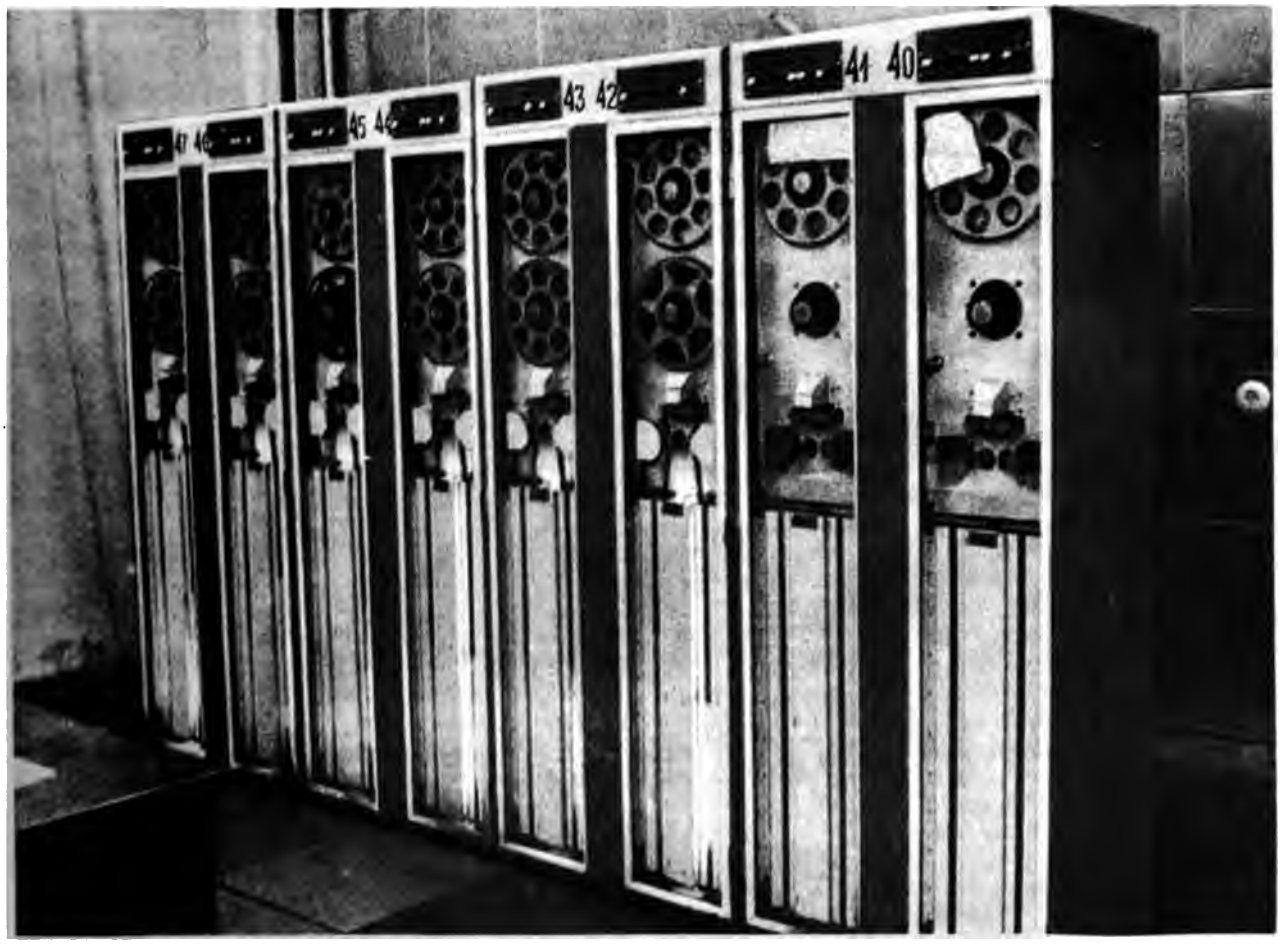
сопоставляет заданному набору элементов орбиты и заданному моменту времени прямоугольные координаты тела, движущегося по этой орбите, а другое отображение по координатам тела и наблюдателя (движущегося вместе со своей планетой по своей орбите) позволяет найти видимое положение наблюдаемого тела (для краткости мы не перечисляем всех исходных данных, реально необходимых для подобных вычислений).

Это создает основу для построения так называемой абстрактной программы — плана вычислений, сформулированного только в терминах абстрактных типов и отображений. Названные выше структурные связи позволяют строить лишь простейшие абстрактные программы. Возможности планирования вычислений значительно расширяются, если сформулировать дополнительные условия, накладывающие ограничения на применение того или иного отображения или указывающие, что желаемый результат еще не достигнут и требуется дальнейшее применение того же или других отображений.

Совокупность подобных условий характеризует свойства абстрактных типов и отображений и вместе с описанием их структуры составляет так называемую модель предметной области (МПО), к которой они относятся.

В терминах модели предметной области мы можем поставить задачу — указать, какие величины или их компоненты нам известны и какие требуется определить. Для такой задачи может быть построена абстрактная программа (хотя это далеко не простое дело, поэтому в системе СПОРА предусмотрена возможность «подсказок» планировщику абстрактной программы, а также возможность совместного планирования решения задачи системой и человеком). Но абстрактную программу еще нельзя выполнить: ведь абстрактное отображение, как мы его описали, — это только указание на существование связи между аргументами и результатами отображения, а не способ фактического вычисления результатов по значениям аргументов.

Поэтому язык «Декарт» предусматривает, что описание абстрактного типа или отображения должно содержать, кроме того, что уже было упомянуто (так называемой наружности типа или



Накопители на магнитных лентах (ИТА АН СССР)

Зал внешних устройств в ИТА АН СССР (телетайп и автоматические цифровые печатающие устройства)

отображения), еще и его внутренность. Задание внутренности типа или отображения опускает нас с высокого уровня абстракции на более низкий, на котором уже можно говорить о задании численного значения величины (т. е. о ее измерении) и представлении этого значения в машине, а точнее — на одном из языков программирования, называемых базовыми (для языка «Декарт»).

Описание внутренности типа содержит названия его представлений (или способов измерения — например, для типа угол это градусное, радианное и популярное в астрономии часовое измерение — $360° = 2\pi = 24^h$), перечень базовых языков, поддерживающих каждое из представлений (в системе СПОРА это могут быть широко распространенные языки программирования АЛГОЛ, ФОРТРАН и «Паскаль»), и для каждого из этих языков — тип значения, соответствующего данному представлению, или типы его компонент. Например, значение угла в градусной мере состоит из трех компонент — градусы, минуты и секунды, и в АЛГОЛе первые две компоненты имеют тип *integer* (целый), а третья — тип *real* (вещественный). Описание внутренности типа содержит и другие сведения, необходимые для работы со значениями этого типа, — например, *названия* процедур, преобразующих одно представление в другое и т. п. Главная часть описания внутренности отображения — это название процедуры, реализующей это отображение, с указанием языка, на котором она написана, представлений (аргументов и результатов), которые она использует, и способа обращения к ней.

Вся эта информация позволяет перевести абстрактную программу на один из базовых языков, а полученная после перевода программа уже может быть выполнена обычными средствами.

Все сказанное относится как к базам данных, так и к пакетам прикладных программ, но в большей степени — к последним. Основная разница между БД и ППП состоит в том, что отношения базы данных задаются явным перечислением всех наборов значений, составляющих отношение. Это отражается и в терминологии. Отношения БД называются таблицами, а составляющие их наборы значений — строками таблицы.

Отношения, с которыми имеет дело пакет прикладных программ, задаются более абстрактным образом — указанием условий, которым должны удовлетворять наборы значений, принадлежащие отношению. Фактически такое описание задает только некоторую систему понятий и их свойств. Поэтому оно и называется моделью предметной области.

Кратко охарактеризованные здесь возможно-

сти языка «Декарт» могут показаться слишком сложными для обычного пользователя с минимальной программистской подготовкой. Но к счастью, такому пользователю и не нужно прибегать ко всем этим возможностям. В его функции не входит создание схем баз данных и моделей предметных областей. Все это — задача лиц, называемых конструкторами (традиционный термин «администратор» менее удачен) БД и МПО. К конструктору предъявляются очень высокие требования. Он должен быть, прежде всего, глубоким знатоком своей предметной области, прекрасно владеть всеми сложившимися в этой области понятиями и их вариантами, отчетливо представлять все их свойства, взаимные связи и сферы применения. С другой стороны, он должен быть высококвалифицированным программистом, способным написать все необходимые программы, реализующие абстрактные отображения и обеспечивающие работу со значениями абстрактных типов, и подготовить наполнение баз данных. Он должен свободно владеть всеми средствами базовых языков программирования или хотя бы одного из них и средствами операционных систем ЭВМ. У разных БД и МПО могут быть разные конструкторы, но если предполагается совместное использование БД и ППП, обеспечивающих МПО, то работа этих конструкторов должна очень четко координироваться. От квалификации конструкторов и их серьезного отношения к своим обязанностям полностью зависят судьба и практическая польза создаваемых ими БД и ППП.

Задача пользователя, обращающегося к БД или к ППП со своими потребностями (такого пользователя можно назвать рабочим), значительно скромнее. Он должен уметь прочесть описание схемы БД и модели предметной области, чтобы знать, какие понятия нашли в них свое отражение (подобно тому как обычный рабочий умеет прочесть чертеж детали или узла). Он должен изучить сравнительно простой язык запросов к БД и заданий для ППП (часть языка «Декарт») и лишь те возможности базового языка программирования, которые нужны для обрамления этих запросов и заданий, включаемых в программу на базовом языке. В простейших случаях все это вместе взятое составляет довольно небольшой ассортимент языковых средств. Описание задачи этими средствами намного проще, компактнее и понятнее, чем та программа, которая возникает после планирования абстрактной программы и ее перевода на базовый язык. Но с этой программой имеет дело только машина.

Более квалифицированный пользователь-рабочий имеет и большие возможности. Он может расширить схему БД и пополнить саму базу данных, создать на основе имеющейся новую модель предметной области, т. е. выступить в роли рационализатора или изобретателя. Язык «Декарт» допускает наличие взаимосвязанных БД и МПО. Если в МПО не предусмотрены некоторые виды обработки данных, то все средства базового языка программирования можно привлечь для их описания. Нет никаких ограничений на соотношение частей программы, написанных на собственно «Декарте» и на базовом языке.

Модели предметных областей, подобно обычным программам для ЭВМ, могут быть очень разными по масштабам. Типичными, по-видимому, будут модели, обеспечивающие решение задач в своей области на протяжении многих лет. При этом помимо формальной модели будут создаваться пособия для пользователей-рабочих, в которых понятия и связи, воплощенные в модели, описываются неформально, даются практические советы, рекомендации и примеры, облегчающие составление описаний задач. Сами эти описания также могут быть более или менее детальными, в зависимости от соотношения между средствами базового языка программирования и собственно языка «Декарт».

Все это делает систему СПОРА очень гибкой и, во всяком случае, значительно повышает ее уровень по сравнению с уровнем традиционных языков программирования.

Первая версия системы СПОРА, в которой реализована часть упомянутых выше возможностей, главным образом средства работы с базами данных, уже работает в Институте теоретической астрономии АН СССР. Эта версия сразу же нашла применение при разработке других частей системы.

Многие из перечисленных здесь идей берут свое начало в системе ПРИЗ, созданной в Институте кибернетики АН Эстонской ССР под руководством члена-корреспондента АН ЭССР Э. Х. Тыугу. Общение с Э. Х. Тыугу во многом способствовало прояснению этих идей, за что авторы системы СПОРА глубоко ему благодарны. Сходные идеи, но в более теоретическом плане реализованы в языке «Пролог» (Р. Ковальски — *R. Kowalsky*, М. ван Эмден — *M. van Emden*, Англия). Другие источники, в той или иной мере повлиявшие на состав и структуру системы, — это реляционная модель баз данных Э. Кодда (*E. Codd*, США) и ряд работ, написанных под влиянием этой модели, абстрактные типы данных в трактовке Б. Лисков, Дж. Гуттага (*B. Liskov, J. Guttag*, США) и других авторов, уровни абстракций Э. Дейкстра (*E. Dijkstra*, Голландия), работы Н. Н. Непейводы по синтезу программ и, несомненно, — весь общий фон, на котором развивалось прикладное программирование в 70-е гг.

Николай Геннадиевич БАСОВ
(р. 1922) — физик, один из основоположников квантовой радиофизики, академик, член Президиума Академии наук СССР, директор Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР (ФИАН), председатель Правления Всесоюзного общества «Знание», дважды Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской и Нобелевской премий.
Окончил Московский инженерно-физический институт. С 1950 работает в ФИАН. Кандидатскую диссертацию защитил в 1953, докторскую — в 1956.
В 1962 избран членом-корреспондентом АН СССР, в 1966 — академиком. С 1963 — профессор МИФИ. Совместно с А. М. Прохоровым разработал принципиально новый метод генерирования электромагнитных колебаний с помощью квантовых систем и создал первый молекулярный генератор (мазер) на пучке молекул аммиака. Выдвинул идею применения полупроводников для создания квантовых генераторов оптического диапазона (лазеров) и развил методы получения различных типов полупроводниковых лазеров. Разработал физические основы квантовых стандартов частоты, исследовал процессы получения коротких мощных импульсов когерентного излучения, предложил тепловой и химический методы для накачки лазеров, предложил идею осуществления термоядерного синтеза с помощью мощных лазеров и путем лазерного нагрева мишени впервые получил термоядерные нейтроны. Под его руководством была введена в строй первая лазерная установка сферического облучения мишеней для термоядерного синтеза. Н. Г. Басов обосновал и экспериментально осуществил оболочечные мишени. Разработал проект лазерного термоядерного реактора. Предложил и осуществил эксимерные и электроионизационные лазеры. Много сделал для использования лазеров в различных областях науки и техники. Изобрел лазерный проекционный телевизор на основе полупроводникового лазера с возбуждением электронным пучком. Широко известны работы Н. Г. Басова и его школы по использованию лазеров в оптоэлектронике, технологии, лазерной локации Луны, медицине.
В 1959 Н. Г. Басову (совместно с А. М. Прохоровым) была присуждена Ленинская премия, а в 1964 (совместно с А. М. Прохоровым и Ч. Таунсом — США) — Нобелевская премия.
Много сил отдает Н. Г. Басов общественной работе. Является депутатом и членом Президиума Верховного Совета СССР, заместителем председателя секции Парламентской группы СССР по вопросам мира и разоружения, членом Советского Комитета защиты мира, заместителем председателя Исполнительного Совета Всемирной федерации научных работников, главным редактором журналов «Природа» и «Квантовая электроника».
Н. Г. Басов — иностранный член академий наук ГДР, НРБ, ПНР, ЧССР, Германской Академии естествоиспытателей «Леопольдина», шведской Королевской Академии инженерных наук, заслуженный член Американского оптического общества, почетный член физического общества НРБ, общества Марка Твена (США), почетный доктор Военно-технической академии ПНР, Йенского университета, Пражского политехнического института, университета Г. Павия в Италии. Награжден 4 орденами Ленина, болгарским орденом Кирилла и Мефодия I степени. Академией наук ЧССР удостоен Золотой медали «За заслуги перед наукой и человечеством», физическим обществом Италии — Золотой медали им. А. Вольты. Награжден также золотым почетным знаком общества «Урания» (ГДР) и почетным знаком общества «ТИТ» (ВНР) с золотым венком.

Анатолий Николаевич ОРАЕВСКИЙ
(р. 1934) — физик, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий отделом Физического института АН СССР (ФИАН).
Родился в г. Тейково Ивановской области. В 1957 окончил московский Физико-технический институт. Еще будучи студентом, начал работать в ФИАН.
В 1960 защитил кандидатскую, а в 1965 — докторскую диссертации. С 1962 преподает в Московском инженерно-физическом институте, в 1969 ему присвоено звание профессора.
А. Н. Ораевский — специалист в области квантовой радиофизики, автор свыше 240 научных работ (в том числе трех монографий) по стандартам частоты, прецизионной спектроскопии, динамике квантовых генераторов, химическим и газодинамическим лазерам, лазерной химии.

НИКОЛАЙ ГЕННАДИЕВИЧ БАСОВ,
АНАТОЛИЙ НИКОЛАЕВИЧ ОРАЕВСКИЙ

Химические лазеры

Назначение химического лазера, как и лазеров любого другого типа, — генерировать или усиливать когерентное электромагнитное излучение. Лазер — это, в конечном счете, прибор, преобразующий различные виды энергии в когерентное излучение. В химических лазерах используется энергия, выделяющаяся в процессе химической реакции. При этом речь идет о прямом преобразовании химической энергии, минуя другие его формы.

Химическая энергия занимает особое место в жизни человеческого общества. Основной источник энергии сегодня — это химическая реакция. Тепловые электростанции используют химическую энергию сгорания топлива, которая испытывает при этом многоступенчатые превращения: химическая — тепловая — механическая — электрическая. Сейчас наметилась тенденция перехода на ядерную энергетику; и в этом случае наиболее перспективным представляется следующий путь: преобразование энергии ядерного горючего в химическую энергию, доставка ее к месту потребления в виде химического топлива (например, водорода), а уже затем преобразование ее в другие виды. Химический же лазер — наиболее рациональное устройство, прямо преобразующее химическую энергию в энергию когерентного излучения.

В любом типе лазера необходимо сначала ввести энергию накачки в рабочую среду лазера, а затем извлечь ее оттуда в виде когерентного излучения. Ввод достаточно большого количества энергии — не простая задача. В химических лазерах эта проблема выглядит иначе: в химической смеси уже содержится необходимая энергия и нужно лишь найти эффективный способ ее выделения в виде когерентного излучения. В пересчете на единицу веса химическая смесь содержит намного больше энергии, чем любой электрический или магнитный накопитель.

Основные проблемы и пути их решения

Все ли химические реакции, идущие с выделением большого количества энергии, годятся для создания лазера? Конечно, нет. Нужна такая реакция, в процессе которой возникают продукты в возбужденных состояниях. Более того, распределение по этим состояниям (или, как говорят, уровням энергии) должно быть инверсным[1]. Это, конечно, резко ограничивает выбор реакций, пригодных для нашей задачи. Однако, детальное изучение процессов распределения энергии показало, что возбужденный продукт «не обязан» сразу создаваться с инверсным распределением по энергетическим состояниям — инверсия может возникать в ходе перераспределения энергии, выделившейся в результате реакции.

Проиллюстрируем это на конкретных примерах. Рассмотрим двухатомную молекулу. Она обладает одной колебательной, двумя вращательными и тремя поступательными степенями свободы. Как известно из квантовой механики, внутренняя энергия молекулы (или атома) имеет дискретные значения. Это общее положение относится к энергии колебательного и вращательного движения. Колебательно-вращательные энергетические состояния двухатомной молекулы представлены на рис. 1,а. Длина горизонтальных линий на рисунке характеризует относительное число молекул с определенным значением энергии.

Теперь представим, что в процессе химической реакции могут создаваться молекулы в различных колебательных и вращательных состояниях (в том числе и достаточно высоких — если в процессе химической реакции выделяется достаточно много энергии), но распределение ее происходит так, что на любом более высоком энергетическом

[1] Об основных принципах работы лазеров см. статью Н. Г. Басова «Полупроводниковые лазеры» в ежегоднике «Наука и человечество. 1965». — *Ред.*

уровне образуется меньше молекул, чем в любом более низком, т. е. инверсии нет. Условно такое распределение показано на рис. 1,б[2]. Однако при соударениях равновесие между вращательными состояниями и между вращательными и поступательными устанавливается намного быстрее, чем между колебательными и вращательными состояниями и, если распределение носит неравновесный характер, то по истечении некоторого промежутка времени возникнет следующая ситуация. Вращательные состояния быстро передадут энергию поступательным степеням свободы, вращение молекул тем самым замедлится и большинство их окажется сосредоточенным на низких вращательных уровнях. Обмен же энергией между колебаниями молекул и их вращением, а также между колебаниями и поступательным движением происходит существенно медленнее, так что в течение некоторого промежутка времени общее число молекул с определенной колебательной энергией остается почти неизменным. Все это приводит к распределению молекул по энергетическим состояниям, представленному схематически на рис. 1, в.

Такое распределение является инверсным — в некоторых состояниях с большей энергией находится больше молекул, чем в состояниях с меньшей энергией (см., например, состояния I,2 и 0,3 или II,3 и I,4).

Итак, выяснилось, что нет необходимости в том, чтобы возбужденные молекулы сразу «рождались» с инверсным распределением по колебательным уровням. Необходимо лишь, чтобы выделение энергии шло через колебания молекул. Различие в скорости перехода (релаксации) молекул к равновесию приведет к возникновению инверсии. Отсюда следует также, что поступательные степени свободы должны быть достаточно «холодными». Так как часть энергии реакции выделяется сразу в виде энергии поступательного движения молекул, то часто в смесь химического лазера добавляют разбавитель, инертный по отношению к реагирующим веществам.

Роль его лишь в том, чтобы предотвратить резкий разогрев поступательных степеней свободы молекул в реагирующей смеси.

Рассмотрим другой способ, часто используемый на практике — создание активной лазерной среды путем передачи энергии от одной молекулы к другой — например, от молекулы фтористого дейтерия (DF) к молекуле углекислого газа CO_2. На рис. 2 условно изображены колебательные энергетические состояния этих моле-

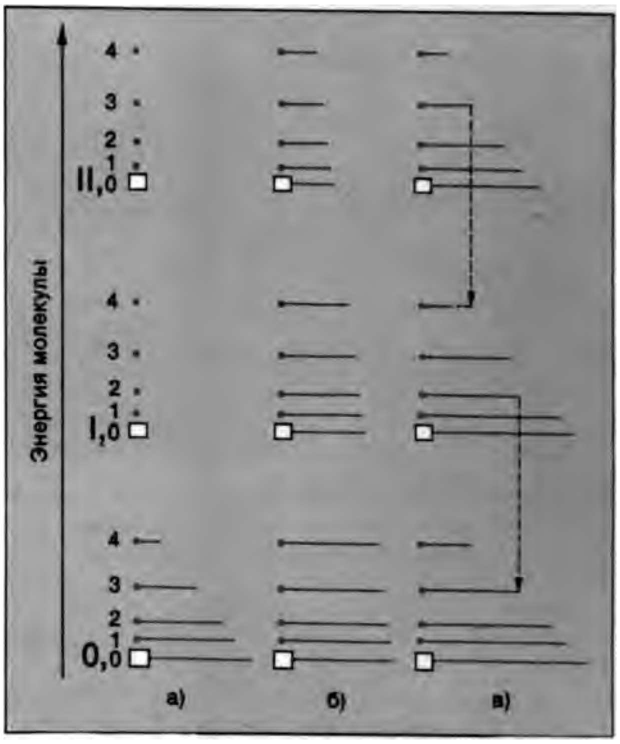


Рис. 1. Схема колебательных и вращательных энергетических состояний двухатомной молекулы. Квадратики обозначают значения колебательной энергии; они пронумерованы по мере возрастания энергии римскими цифрами. К колебательной энергии добавляется энергия вращения молекулы (точки, арабские цифры). Интервалы между значениями колебательной энергии (на рисунке показаны лишь три значения) уменьшаются по мере увеличения энергии. Интервалы между вращательными энергетическими состояниями возрастают по мере увеличения энергии

кул[3]. Пусть молекула DF в результате химической реакции водорода со фтором оказывается колебательно-возбужденной. Частота ее колебаний близка к частоте антисимметричных колебаний в молекуле CO_2, поэтому при соударениях DF с CO_2 в последней возбуждаются как раз антисимметричные колебания и она оказывается в энергетическом состоянии II′, соответствующем возбуждению именно этих колебаний. Состояние III′ соответствует симметричным колебаниям: их частота далека от частоты колебаний DF и при столкновениях CO_2 с DF состояние III′ практически не возбуждается. Таким образом возникает инверсия по отношению к состояниям II′ и III′[4]. При этом изменяется и длина волны

[2] В ряде реакций инверсное распределение по колебательным уровням возникает прямо в процессе реакции, но при достаточно высоких давлениях оно существует очень короткое время, быстро превращаясь в распределение, показанное на рис. 1, б.

[3] На рисунке не показаны вращательные уровни, которые в этом способе создания активной среды не играют решающей роли.

[4] Методы создания активной среды за счет энергии химической реакции, основанные на различии в скоростях релаксации энергетических состояний и передачи энергии от возбужденного продукта реа[illegible] [illegible] м [illegible] были предложены Дж. Полан[illegible] ты (Физический институ[illegible]

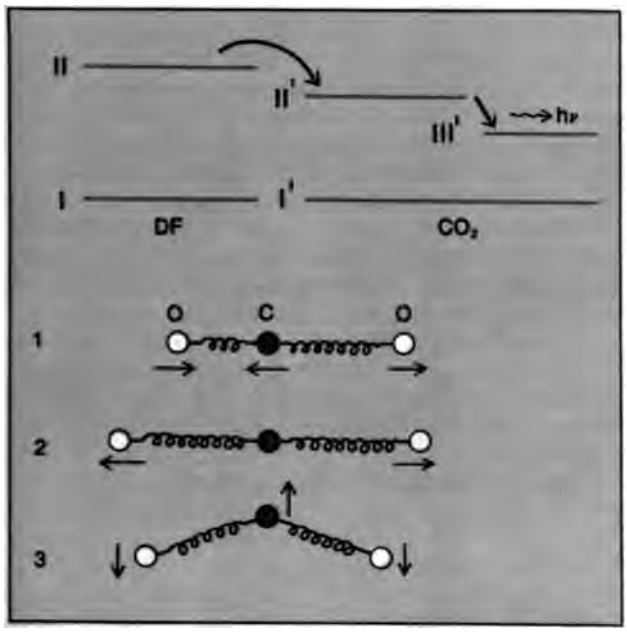


Рис. 2. Возникновение инверсии при передаче колебательной энергии от молекул DF молекулам CO_2: 1 — антисимметричные; 2 — симметричные; 3 — деформационные колебания молекулы CO_2 (энергетические состояния, соответствующие деформационным колебаниям, на рисунке не показаны). Римскими цифрами обозначены колебательные уровни энергии

генерируемого излучения, так как излучающей молекулой будет не DF, а CO_2.

Из сказанного следует, что для создания активной лазерной среды необходимы достаточно быстрые реакции. Ведь неравновесное распределение может существовать лишь малое время, после чего оно становится равновесным — химически реагирующая смесь просто нагреется и не будет способна к усилению электромагнитного излучения.

Ясно, что скорость реакции должна превышать скорость установления теплового равновесия в реагирующей системе.

Чтобы вступить в реакцию, молекулам приходится преодолевать так называемый активационный барьер. Это значит, что в реагирующей смеси в реакцию вступают лишь такие молекулы, энергия которых превышает некоторое значение, называемое энергией активации реакции. Скорость химической реакции w зависит от энергии активации E_a и температуры реагирующих компонентов T следующим образом:

$$w = w_0 e^{-E_a/RT}$$

Здесь e — основание натуральных логарифмов, R — универсальная газовая постоянная, а w_0 — предельное значение скорости реакции, [illegible] очень высокой температуре (но высокой). Она определяется скоростью соударений молекул между собой.

Из формулы следует, что скорость реакции резко падает по мере увеличения энергии активации. Это падение уменьшается с ростом температуры. Но даже при относительно небольшой энергии активации (10—20 ккал/моль) и довольно высокой температуре (1000 К) скорость реакции меньше предельной в сотни и тысячи раз.

Скорость релаксации зависит от конкретных энергетических состояний и конкретных молекул. Так вращательные состояния большинства молекул релаксируют со скоростью, близкой к w_0, скорость релаксации колебательных состояний примерно в 100—1000 раз меньше w_0. Таким образом можно прийти к следующему выводу. Если релаксационные процессы в молекулах, возбуждаемых в процессе химической реакции, достаточно быстры, то энергия активации не должна превышать десятка килокалорий на моль. Такой энергией активации обладают лишь реакции, в которых участвуют химически активные частицы — свободные атомы или радикалы. При использовании других реакций, энергия активации которых более чем 10 ккал/моль, реакция должна давать возбужденный продукт, скорость релаксации которого очень мала.

Химически активные радикалы не встречаются в природе в свободном состоянии[5]. Их можно получить, разбив стабильную молекулу на составные части. Для этого нужно затратить энергию, равную энергии диссоциации (разрыва) этой молекулы. В дальнейшем получившиеся радикалы вступят с другими молекулами в реакцию, в процессе которой и возникнет активная среда. Например, условная молекула AB за счет затрат энергии (электрический разряд, фотолиз, нагрев) разбивается на составные части: $AB + Q \rightarrow A + B$, где Q — любой вид энергетических затрат. Образующийся активный радикал или атом (пусть это будет А) вступает с молекулой С в химическую реакцию, в результате которой образуется возбужденная молекула AC, способная к излучению; $A + C \rightarrow AC^*$. В соответствующих условиях она отдает запасенную в ней энергию в виде кванта лазерного излучения. Это и есть простейшая кинетическая схема химического лазера.

Но мы не добились в этой схеме решения основной задачи — создать лазер, потребляющий только (или в основном) химическую энергию: ведь получение радикалов требует энергетических затрат. Из этой, казалось бы, тупиковой ситуации, удалось найти два выхода.

Первый из них — использовать цепную хими-

[5] Исключение составляет радикал NO. Инициирование фтор-водородных лазеров этим радикалом было предложено авторами статьи в 1967 г.

ческую реакцию[6], т. е. реакцию с участием радикалов, в процессе которой они возобновляются. Рассмотрим смесь двух условных стабильных молекул A_2 и B_2. Без инициирования реакция в этой смеси не начинается. Затратив энергию (осветив, например, смесь ультрафиолетовым излучением), мы создадим в ней свободные радикалы.

$$A_2 + Q \rightarrow 2A,$$

которые начинают реакции:

$$A + B_2 \rightarrow AB + B.$$

В результате образуется опять химически активная частица B (атом или радикал), которая продолжает реакцию:

$$B + A_2 \rightarrow AB + A.$$

Исходная активная частица А восстановлена, и процесс может повторяться. Возникает цепочка таких процессов — идет цепная реакция. Если в этих реакциях за счет выделяющейся энергии создаются возбужденные молекулы AB^*, то такой процесс может быть использован для генерации лазерного излучения. Прн большом числе звеньев в реакции на каждый радикал A, созданный в начале процесса, может получиться очень много возбужденных молекул AB^*, и энергия лазерного излучения может, в принципе, намного превышать затраты на инициирование реакции.

Реальная цепь, естественно, не бесконечна. Есть много причин ее обрыва. Например, два атома A, взаимодействуя друг с другом, могут снова образовать молекулу A_2 и выбыть из цепного процесса. С чнсто химической точки зрения обрыв цепи всегда связан с «исчезновением» активного раднкала. Однако существует много цепных химических реакций с очень большой длиной цепи, когда каждая первоначально созданная химнчески активная частица за время своего существования успевает осуществить десятки—сотни тысяч процессов типа (1) или (2).

Но в лазерном случае все оказывается не так просто. Конечная цель химической реакции, используемой в химическом лазере, — лазерное излучение. С этих позиций важно не сколько продукта реакции (в нашем примере молекул AB) создано за время существования атома A, а сколько возбужденных молекул AB^* успеют испустить квант лазерного излучения. Таким образом, полезная длина цепного процесса с обычной химической (количество конечного продукта) и с лазерной точек зрения определяется по-разному: в первом случае — это отношение скорости отдельного звена реакции к скорости гибели активного радикала, а во втором (хемолазерная длина цепи) — к скорости девозбуждения молекул за счет процессов релаксации. А это означает, что не всякий цепной химический процесс будет цепным с точки зрения генерации лазерного излучення. Среди множества цепных химических процессов надо выбрать процесс с большой хемолазерной длиной цепи.

Первый химический лазер[7] был основан на реакции в смеси молекулярного водорода и хлора: $H_2 + Cl_2$. Эта реакция — классический представитель цепных химических процессов. Она развивается следующим образом.

Ультрафиолетовым излучением молекулы хлора разлагаются на атомы:

$$Cl_2 + h\nu_{уф} \rightarrow 2Cl,$$

которые начинают реакцию с длинной цепью:

$$Cl + H_2 \rightarrow HCl + H,$$
$$H + Cl_2 \rightarrow HCl^* + Cl \quad \text{и т. д.}$$

В первом звене этого процесса молекулы HCl получаются невозбужденными. Во втором звене выделяется довольно много энергии, так что молекулы HCl оказываются возбужденными (отмечено звездочкой) и за этот счет происходит генерация лазерного излучения. Казалось бы, все в порядке: цепиой процесс заработал сразу в первом же химическом лазере. На деле же оказалось, что затраты энергии на создание атомов хлора более, чем в тысячу раз превосходили энергию получаемого лазерного излучения. Выяснилось, что в этой реакции медленно протекает первое звено, и поэтому развитие цепи в целом уступает по скорости процессам, дезактивирующим возбужденные молекулы. С лазерной точки зрения химическая реакция в смеси молекул водорода и хлора не является цепной.

Реакцию с большой хемолазерной длиной цепи удалось найти, используя смесь молекул водорода (или дейтерия) и фтора[8]. Кинетически развитие цепного процесса в этой смеси полностью подобно развитию цепи в смеси водорода и хлора:

$$F_2 + Q \rightarrow 2F,$$
$$F + H_2(D_2) \rightarrow H(D)F^* + H(D),$$
$$H(D) + F_2 \rightarrow H(D)F^* + F \text{ и т. д.}$$

Отличие состоит в том, что в обоих звеньях цепи получаются колебательно-возбужденные молекулы $H(D)F^*$. Энергия, выделяющаяся в процессе реакции водорода с фтором, в три раза превышает энергию реакции водорода с хлором. И, наконец, наиболее важное обстоятельство: скорость обоих звеньев реакции водорода с фтором

[6] Идея использования цепных и цепных разветвленных реакций в химических лазерах и ее последовательное развитие принадлежат В. Л. Тальрозе (Институт химической физики АН СССР) и одному из авторов статьи (А. Н. Ораевскому).

[7] Он был создан Дж. Каспером и Дж. Пиментелом (США) в 1965 г.

[8] Первый химический лазер на смеси молекулярных водорода и фто[illegible] осуществлен в 1968 г. (В. Л. Тальро-

выше скорости релаксационных процессов. Это и обусловливает возникновение длиной хемолазерной цепи во фторводородном процессе.

В рассмотренном примере свободные радикалы (атомы F) создавались за счет затрат энергии. Но получить свободные радикалы можно и чисто химическим путем. Составим, например, смесь водорода H_2 и фтора F_2 со значительным избытком фтора. При горении этой смеси выделится большое количество энергии — смесь нагреется. При температуре в 1500—2000K и давлении 1—20 атм практически весь избыток молекулярного фтора диссоциирует на атомы, так что основными компонентами прореагировавшей смеси будут HF и атомарный фтор F. Заметим, что на этом этапе никакого неравновесного возбуждения молекул в итоге не происходит — вся энергия химической реакции затрачивается на диссоциацию молекул фтора и нагрев смеси.

Получив большое количество атомарного фтора, можно организовать быстрый химический процесс $F + H_2 \rightarrow HF^* + H$ с получением неравновесно возбужденных молекул HF^* и, в конечном счете, лазерного излучения. Но как это сделать? Реакции с участнем радикалов очень быстры, и предварительное смешение реагентов практически невозможно. На помощь приходит техника смешения реагентов в быстрых газовых потоках. В нашем случае приготовленный атомарный фтор нужно выпустить в виде струи разреженного газа и смешать ее со струей молекулярного водорода. Тогда в зоне смешения этих струй будет протекать указанная выше реакция с образованием активной лазерной среды. Процесс будет нецепным, если весь фтор находится в атомарном состоянии. Можно организовать и цепной процесс. Для этого нужно понизить температуру сгорания смеси, что легко сделать, уменьшив в ней относительное содержание молекулярного водорода или разбавив ее, например, гелием (см. ниже). При температуре 1000—1200 K в атомарное состояние перейдет только малая часть фтора (5—10%), так что с молекулярным водородом будет смешиваться и атомарный и молекулярный фтор и возникнет цепной процесс по ранее описанной схеме.

Метод получения радикалов путем диссоциации за счет тепла химической реакции выглядит универсальным. Однако это не так. Дело в том, что температура, необходимая для диссоциации молекул, резко возрастает по мере увеличения энергии диссоциации. Молекула фтора F_2 имеет относительно малую энергию диссоциации, поэтому в диапазоне температур 1500—2000 K фтор может быть полностью разложен на атомы при любых практически интересных давлениях[9]. Но, например, для диссоциации молекулы водорода на атомы при давлении порядка атмосферного требуется температура выше 4000 K. Такие температуры создают технические трудности, да и получить их за счет химической энергии непросто.

Альтернативой методу тепловой диссоциации молекул на радикалы является метод получения радикалов в так называемых цепных разветвленных химических процессах.

Как уже отмечалось, в цепных процессах радикалы воспроизводятся от звена к звену. Но возможны такие процессы, когда реакция осуществляет «расширенное воспроизводство» радикалов: первоначально образованное количество радикалов увеличивается с развитием химической реакции. Такие процессы и носят название цепных разветвленных. Во многих из них реакция проходит через стадию, когда концентрация радикалов достигает максимального значения и по порядку величины сравнима с концентрацией исходных реагентов. Если в этот момент реакцию резко затормозить, сохранив большую концентрацию радикалов, то их можно использовать в дальнейшем в химических лазерах. Таким образом, чисто химический способ «запуска» химических лазеров базируется на следующем принципе: химически активные центры получают вне зоны основной («лазерной») реакции и вводят их в эту зону[10].

Химические лазеры импульсного действия

Эти лазеры, как и импульсные лазеры любого другого типа, предназначены для получения короткого мощного импульса когерентного излучения. Импульсный химический лазер состоит из следующих основных узлов: реактора, где должна протекать быстрая химическая реакция, в процессе которой возникает активная среда, оптического резонатора, системы инициирования реакции, приготовления и впуска смеси реагентов в реактор, удаления отработанных продуктов.

На рис. 3 показана типичная схема такого лазера; химические компоненты, указанные на схеме, могут быть заменены и другими. Инициирование реакции в приведенной схеме осуществляется ультрафиолетовым излучением импульсной лампы. Можно также инициировать реакцию потоком электронов высокой энергии или электрическим током, пропускаемым через смесь химических реагентов в реакторе.

Какие же химические смеси применяются для импульсных химических лазеров? Как уже отмечалось, для получения эффективного химического лазера с малыми затратами на инициирование реакции необходимо использовать цепные

[9] Молекулярный фтор, как один из основных компонентов химических лазеров, был предложен и введен в практику советскими авторами (см. сноски 5 и 8).

[10] Этот способ был предложен авторами статьи в 1967 г.

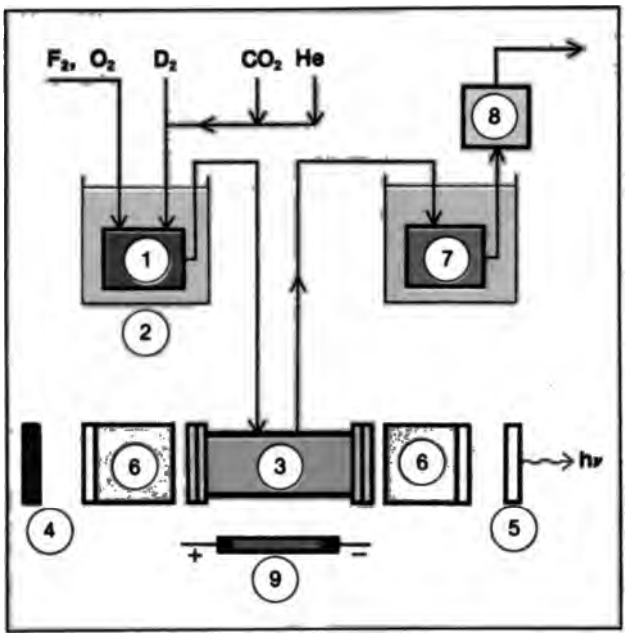


Рис. 3. Схема химического лазера импульсного действия: 1 — смеситель; 2 — холодильник; 3 — реактор; 4 — глухое зеркало; 5 — частично прозрачное зеркало для вывода излучения; 6 — держатели окон и камеры защиты окон от коррозии продуктами реакции; 7 — гаситель пламени; 8 — химический поглотитель; 9 — импульсная лампа — источник инициирующего излучения

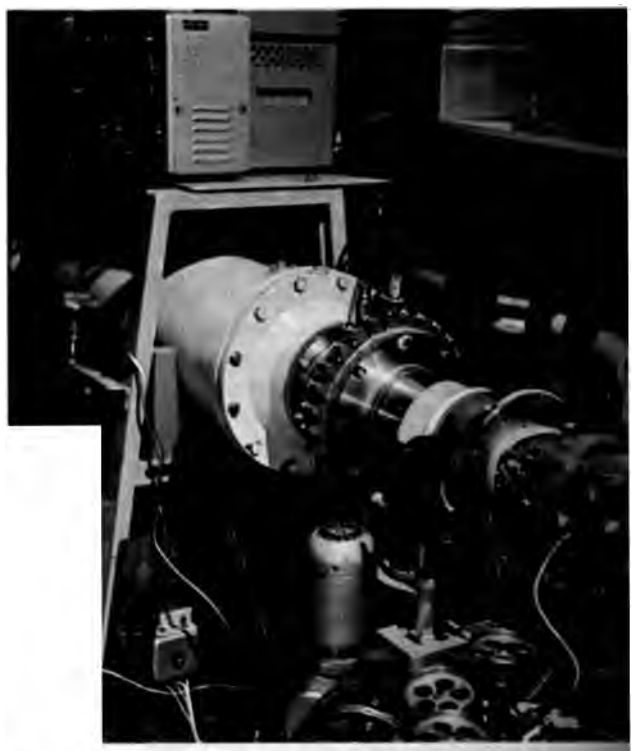


Рис. 4. Химический лазер импульсного действия на цепной реакции водорода (или дейтерия) со фтором (вверху и справа). Инициирование реакции осуществляется потоком (пучком) быстрых электронов.
Белым цветом показана линия, формирующая напряжение для питания электронной пушки (она в центре фото). Резонатор располагается в магнитной системе (желтый цвет), фокусирующей электронный пучок
На снимке справа видно направление выхода лазерного луча. Луч химического лазера невидим, т. к. его длина волны лежит в инфракрасном диапазоне. На слайде показан голубой луч вспомогательного лазера, используемого для исследования режимов генерации химического лазера.
На этой установке получены результаты, приведенные в табл. 1.

химические реакции с большой хемолазерной длиной цепи. Этим свойством обладают смеси $H_2 + F_2$; $D_2 + F_2$; $D_2 + F_2 + CO_2$[11].

Смеси, используемые на практике, как правило, сложнее. Так, в указанные три смеси для их стабилизации добавляется кислород O_2 в пределах нескольких процентов от общего объема смеси. Часто в смесь добавляют инертный буферный газ для того, чтобы предотвратить сильный разогрев смеси и ускорить релаксационные процессы, способствующие созданию активной лазерной среды. При инициировании реакции потоком электронов добавляют в смесь молекулы с большим молекулярным весом для увеличения концентрации химически активных центров и т. д.

Наиболее важные характеристики импульсных химических лазеров — это: 1) удельный энергосъем — величина энергии лазерного излучения, получаемого с единицы объема реактора; 2) химический КПД, определяемый степенью переработки химической энергии, запасенной в реакторе, в энергию лазерного излучения; 3) КПД использования инициирующей энергии, определяемый отношением энергии лазерного излучения к энергии, затраченной на инициирование реакции. Последний из параметров носит название КПД условно: он может (а для хорошего химического лазера должен!) превышать единицу.

В качестве примера приведем характеристики лазера на основе цепной фтороводородной реакции (табл. 1).

Таблица 1

	Умеренное инициирование	Мощное инициирование
Удельный энергосъем, Джл · атм	100	400
Химический КПД, %	7	22
КПД использования инициирующей энергии, %	940	150
Длительность импульса генерации, с	10^{-6}	$3\ 10^{-6}$

[11] Лазер атмосферного давления на смеси $D_2 + F_2 + CO_2$ был создан впервые в ФИАН СССР в начале 1970 г. (Н. Г. Басов, А. Н. Ораевский, Е. П. Маркин, А. И. Никитин). Этой же группой авторов была впервые получена генерация в $H_2 + F_2$ и $D_2 + F_2$ — лазерах при инициировании реакции УФ-излучением и детально изучен спектр генерации этих лазеров (1969 г.)

Из этих данных следует, что удается найти такие режимы работы лазера, когда высокий удельный энергосъем (100 Дж/л·атм) сочетается с относительно малыми затратами на инициирование реакции: лазер излучает 9,4 джоуля на каждый джоуль энергии, затраченной на инициирование. Это достигается за счет хорошо развитой хемолазерной цепи в используемой смеси. Форсирование реакции путем более мощного инициирования позволяет достичь рекордных удельных энергий лазерного излучения (400 Дж/л·атм) с большим химическим КПД (22%). Правда, при этом возрастают затраты энергии на инициирование реакции: каждый затраченный джоуль энергии дает полтора джоуля энергии в виде лазерного излучения. Непропорциональный рост энергии излучения при увеличении степени инициирования объясняется рядом причин. Во-первых, в процессе реакции постепенно уменьшается концентрация компонентов H_2 и F_2, и реакция замедляется; во-вторых, смесь перегревается, что неблагоприятно сказывается на активной среде, и, наконец, «использованные» молекулы HF также «портят» активную среду, ускоряя дезактивацию возбужденных молекул. Эти положения справедливы и для модификации смеси: замены H_2 на D_2 и введения в смесь $D_2 + F_2$ молекул CO_2.

Мы говорили здесь только об импульсных лазерах с большой хемолазерной длиной цепи. Вообще говоря существует много других смесей, не являющихся с лазерной точки зрения цепными. Не останавливаясь на них, упомянем лишь, что созданы импульсные химические лазеры на основе смесей $SF_6 + H_2$, $H_2 + Br_2$ и др.

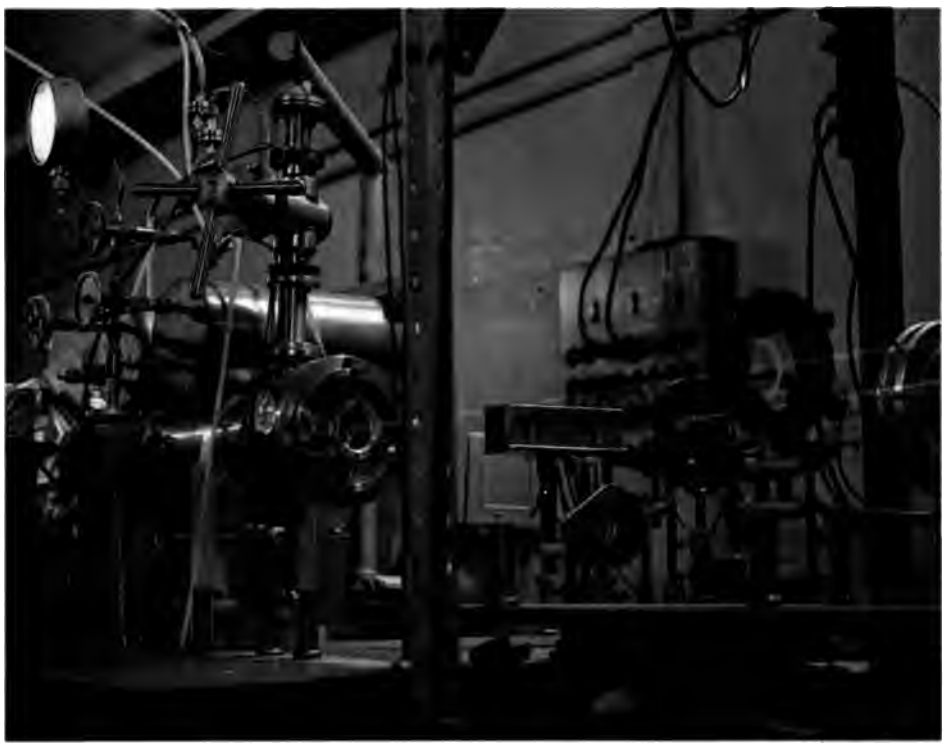


Рис. 5. Химический лазер импульсного действия с фотоинициированием реакции. На левой части слайда видны: лазерный реактор с окном для выхода излучения, система напуска реагентов и смесительная камера (расположена над реактором). Импульсные лампы, инициирующие реакцию, расположены внутри лазерного реактора вдоль его стенок. Этот лазер, занимая площадь, равную половине площади письменного стола, может излучать энергию в 300 Дж в одном импульсе. Длительность импульса излучения порядка микросекунды. Таким образом по мощности этот лазер сопоставим с большой электростанцией.
На правой части снимка — элементы измерительного комплекса.

Химические лазеры непрерывного действия

Чтобы получить непрерывную генерацию в химическом лазере, необходимо достаточно быстро менять реагенты в реакторе и уметь производить химически активные центры в непрерывном режиме. Поскольку реакции с участием радикалов очень быстры, то для смены вещества в реакторе нужны околозвуковые или даже сверхзвуковые скорости прокачки.

Химический лазер непрерывного действия[12] состоит из источника химически активных центров; системы смешения свободных атомов или радикалов с другим компонентом, реакция с которым дает возбужденные молекулы; реактора, где создается активная лазерная среда, и оптического резонатора. Кроме того, нужна быстрая подача исходных и откачка отработанных реагентов.

Рассмотрим, как практически реализуется эта общая схема в различных типах химических лазеров непрерывного действия.

DE – CO_2-лазер. В основе этого лазера лежит передача энергии от колебательно-возбужденных молекул DF* молекулам CO_2 в смеси $D_2 + F_2 + CO_2$. Реакцию инициирует радикал:

$$NO + F_2 \rightarrow NOF + F,$$

а затем идет цепная редакция дейтерия с фтором, описанная нами ранее. Полученные в результате реакции молекулы DF* быстро передают энергию молекулам CO_2, которые и служат излучателем. Схема устройства такого лазера показана на рис. 6, а его характеристики — в табл. 2.

Таблица 2

Оптимальные объемные соотношения реагентов	$NO:F_2:D_2:CO_2:He = 1:6:5:45:100$
Скорость потока реагентов	$2 \cdot 10^4$ *см/с*
Ширина зоны генерации	5 *см*
Химический КПД	4 – 5%
Удельная мощность[13]	$50-60\ \frac{Вт}{г/с}$

Генерацию в этом типе лазера можно получить и за счет излучения молекул DF* (когда нет углекислого газа). Однако опыты показали, что работающие по такой схеме DF- (или HF)-лазеры заметно уступают DF – CO_2-лазеру. Поэтому для получения генерации за счет молекул HF(DF) более эффективным оказывается следующий способ получения атомарного фтора.

HF(DF)-лазер с тепловым инициированием реакции. Схема такого лазера представлена на рис. 8. В камеру сгорания вводятся молекуляр-

[12] Первые химические лазеры непрерывного действия были созданы в США (Д. Спенсер, Т. Якобс, Х. Мирелс, Р. Гросс, Дж. Эйри, Ф. Мак-Кей) в 1969 г. Однако эти лазеры еще не были чисто химическими.

[13] Для химического лазера непрерывного действия характерным параметром является мощность, получаемая с единицы общего расхода реагентов (г/с.)

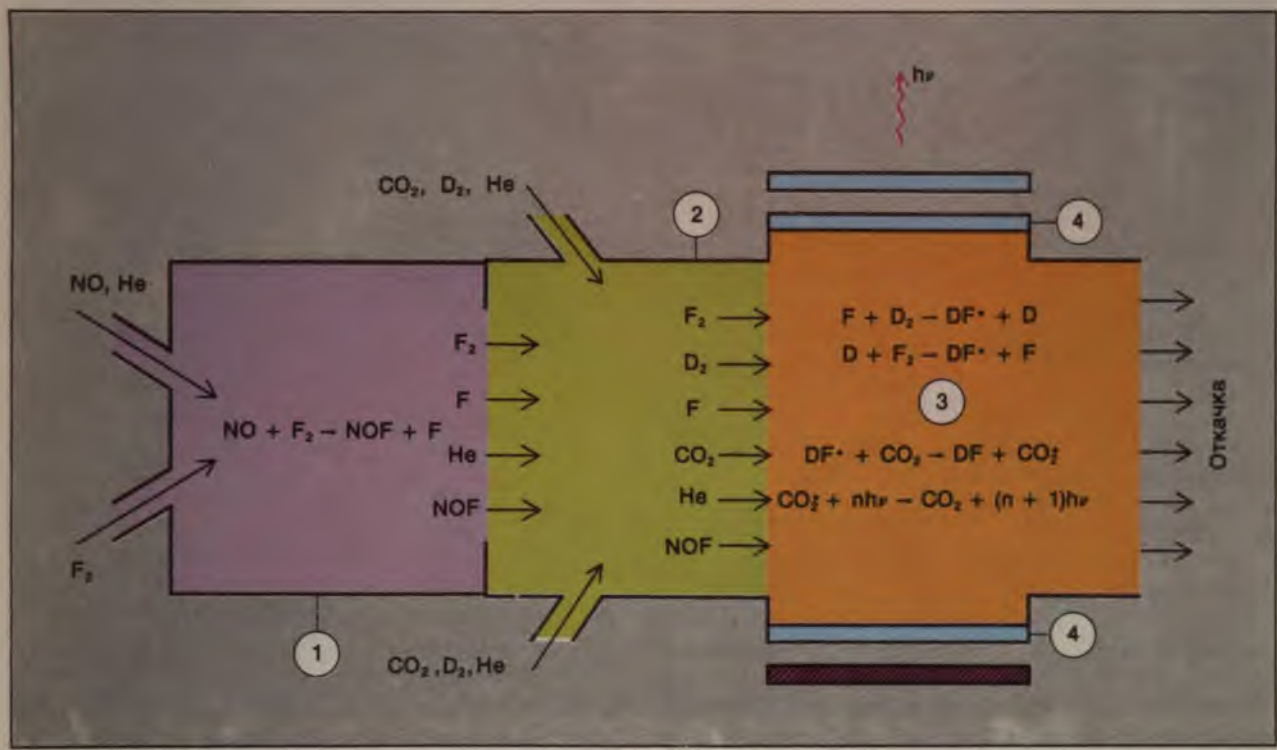


Рис. 6. Схема химического $DF-CO_2$-лазера, работающего на цепной реакции фторирования дейтерия; 1 — камера наработки атомарного фтора; 2 — смесительная камера; 3 — зона реактора (лазерная зона); 4 — окна для вывода излучения в резонатор

ный фтор, водород и гелий. Фтор находится в большом избытке по отношению к водороду. В камере происходит обычное равновесное горение водорода во фторе с выделением тепла, достаточного для диссоциации избытка молекулярного фтора. О роли гелия будет сказано ниже.

Соотношение компонентов в камере сгорания подбирают таким, чтобы обеспечить практически полную диссоциацию избытка молекул фтора (степень диссоциации $\alpha > 95\%$). Для этого требуется температура 1500—1800 К. Реакцию в сильно нагретой смеси нельзя использовать для создания активной среды: смесь необходимо охладить. Для этого ее пропускают через набор сопел (сопловую решетку), разгоняя в них поток до сверхзвуковых скоростей, что сопровождается охлаждением газа. На выходе из сопел к сверхзвуковому потоку примешивается поток молекул дейтерия. В результате смешения этих двух потоков и образуется рабочая смесь, реакция в которой $F + D_2 \rightarrow DF^* + D$, приводит к образованию колебательно-возбужденных молекул фтористого дейтерия, генерирующих лазерное излучение.

Ключевая проблема здесь — процесс смешения. Он должен быть быстрым. Поэтому сопловой блок — это не моносопло, а сопловая решетка, состоящая из маленьких сопел, разбивающих общий поток на струи малого сечения — порядка одного-двух миллиметров. Дейтерий тоже подается в виде струй малого сечения, что и обеспечивает достаточно эффективное смешение реагентов. Принципиальная конструкция отдельных элементов сопловой решетки показана на рис. 9. Для лучшего перемешивания потоки выгодно сделать слегка турбулентными.

Разгон струи в сопловом блоке решает и другие задачи. Реакция атомарного фтора с дейтерием очень быстра. При малой скорости потока ширина активной (генерирующей) зоны в направлении потока оказывается малой и получить лазерный луч трудно. При практически достигаемой сверхзвуковой скорости потока $> 10^5$ *см / с* и давлении реагентов в зоне генерации в 5—10 *торр* ее ширина оказывается порядка нескольких сантиметров. А это вполне приемлемо для получения луча хорошего качества. Сверхзвуковой поток обеспечивает к тому же и быструю прокачку вещества, позволяя получить большие мощности излучения при относительно небольших поверхностях сопловых решеток.

Зачем же нужен гелий? Дело в том, что в реакции атомарного фтора с дейтерием выделяется значительная энергия. Часть этой энергии (около 15%) уносится лазерным излучением. Остальная часть в конечном счете нагревает поток. Из газовой динамики известно, что нагрев может сильно затормозить сверхзвуковую струю и даже подавить процесс сверхзвукового истече-

Рис. 7. Химический лазер непрерывного действия. На снимке (слева — направо) система напуска реагентов (видны приборы и вентили); камера сгорания (красный цвет); сопловой блок и лазерный реактор, имеющий поперечные выступы с окнами для вывода излучения; газопровод и камера для приема отработанных реагентов
Справа от камеры — вспомогательный лазер для настройки системы

ния (переведя его в дозвуковой). А это полностью «расстроит» гармонию условий, необходимых для генерации лазерного излучения. Разбавление сверхзвуковой струи инертным газом, который не вступает в химическую реакцию и уменьшает количество тепла, выделяющегося на единицу массы газового потока, предотвращает опасный перегрев, приводящий к срыву сверхзвукового течения.

Чтобы не возникало недоразумений, отметим: молекулы HF, выходящие с потоком атомарного фтора и гелия, — лишь сопутствующий продукт реакции. Они не являются излучателями в лазере и, более того, играют в дальнейшем отрицательную роль, дезактивируя возбужденные молекулы в лазерной зоне. Такая дезактивация происходит особенно активно, если излучают колебательно-возбужденные молекулы того же сорта. Именно поэтому в лазерную зону вводится дейтерий, если в камере сгорания в качестве «горючего» использовался водород. Если же необходимо получить генерацию непременно на фтористом водороде, то в камере сгорания нужно использовать либо дейтерий, либо другое «горючее», но такое, чтобы среди продуктов реакции не было молекул, сильно «тушащих» колебательно-возбужденные молекулы HF^*.

В табл. 3 приведены параметры HF (DF) лазера, не относящиеся к какой-то конкретной модели, а обобщенные по результатам целого ряда работ различных исследовательских групп.

Таблица 3

Степень разбавления смеси гелием	1:10—20
Скорость истечения реагентов	$2 \cdot 10^5$ *см/с*
Температура в камере сгорания	1500—2000 К
Давление в лазерной зоне	5—20 *торр*
Удельная мощность	100—200 $\frac{Вт}{г\,с}$

Кислород-йодный лазер — одно из наиболее интересных изобретений последних лет в области химических лазеров[14]. Он использует энергию кислорода, находящегося в так называемом синглетном состоянии[15]. Прямым путем эту энергию использовать не удается, так синглетный кислород плохо излучает. Но если к его потоку примешать молекулы йода I_2, то за счет энергии синглетного кислорода молекула йода разбивается на атомы. Для диссоциации одной молекулы йода необходима энергия двух молекул синглетного кислорода:

$$2O_2(^1\Delta) + I_2 \rightarrow 2O_2(^3\Sigma) + 2I.$$

[14] Он был создан в США (В. Мак Дермотт, Н. Пчелкин, Д. Бернард, Р. Бонсек) в 1978 г.

[15] Это ближайшее к основному возбужденное состояние молекулы O_2. Оно обозначается символом $^1\Delta$, а следующее за ним — $^1\Sigma$ (основное состояние обозначается $^3\Sigma$).

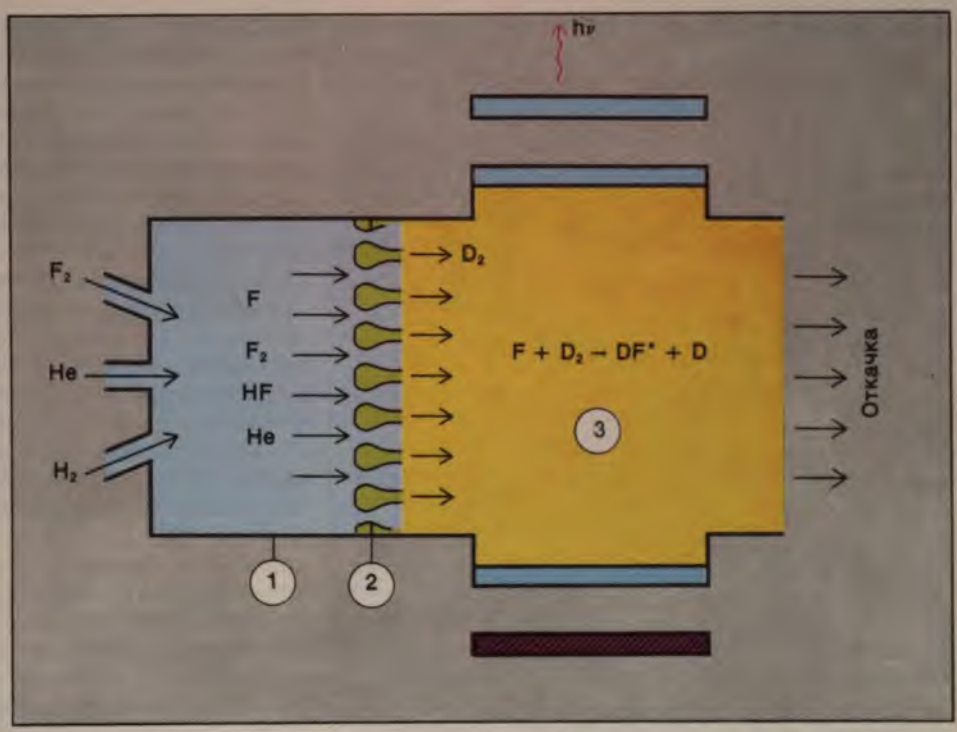


Рис. 8. Схема HF (DF)-лазера с тепловым инициированием реакции: 1 — камера сгорания, где нарабатывается атомарный фтор; 2 — сопловой блок для охлаждения потока и смешения химических реагентов; 3 — зона реактора (лазерная зона)

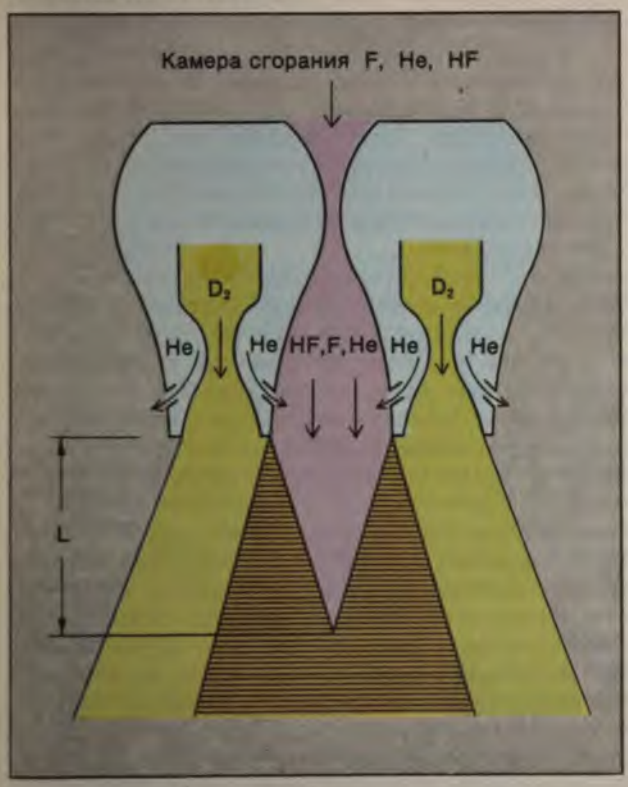


Рис. 9. Схематически показанный фрагмент конструкции соплового смесителя: L — длина зоны смешения

Образовавшиеся атомы йода при столкновении с синглетным кислородом переходят в возбужденное состояние. Передача энергии происходит почти резонансно и идет с большой скоростью:

$$O_2(^1\Delta) + I \rightarrow O_2(^3\Sigma) + I^*.$$

Возбужденный атомарный йод и образует активную среду лазера. Принципиальная схема кислород-йодного лазера приведена на рис. 10.

Отметим одно обстоятельство, очень важное для эффективной работы кислород-йодного лазера. Может возникнуть впечатление, что на каждый квант, излученный атомом йода, надо затратить два кванта синглетного кислорода. Действительно, один квант идет на создание атома йода (два кванта — на диссоциацию молекулы йода, в результате которой получаются два его атома) и еще один квант — на его возбуждение. На самом деле это не так: получив энергию от кислорода и излучив ее, атом йода снова «готов к работе». Можно подобрать давление реагентов в смеси так, что атом йода многократно совершит излучающий цикл прежде, чем снова два атома йода рекомбинируют в молекулу I_2. Поэтому затраты энергии на диссоциацию молекулы йода могут быть сделаны очень малыми по сравнению с энергией излучения.

Кислород-йодный лазер создан сравнительно недавно. Его предельные возможности ясны не до конца. Но расчеты и экспериментальные данные говорят за то, что по своим характеристикам он должен войти в «элиту» химических лазеров.

CO-лазер на основе горения сероуглерода в кислороде. Реакция в смеси $CS_2 + O_2$ носит характер разветвленной цепи. На определенном этапе возникает значительное количество радикалов CS и O. Их реакция между собой приводит к образованию колебательно-возбужденных молекул CO, за счет энергии которых и получается генерация:

$$CS + O \rightarrow CO^* + S,$$
$$CO^* + nh\nu \rightarrow CO + (n+1)\,h\nu.$$

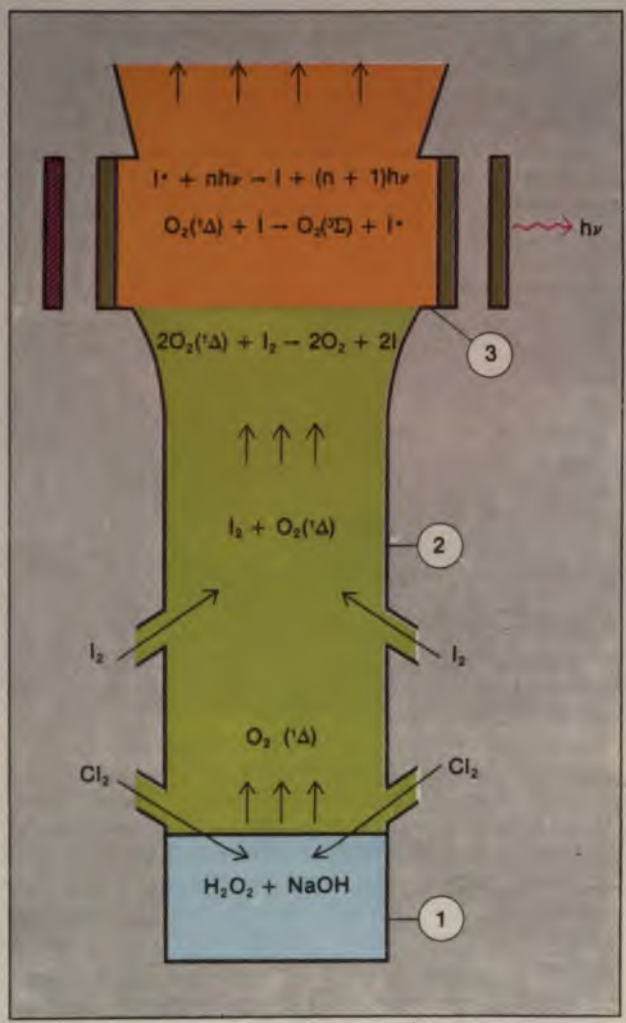


Рис. 10. Схема химического кислород-йодного лазера: 1 — генератор синглетного кислорода (последний получается с помощью реакции $H_2O_2 + 2NaOH + Cl_2 \rightarrow 2H_2O + 2NaCl + O_2(^1\Delta)$; 2 — блок смешения кислорода с молекулярным йодом; 3 — лазерная зона

Разветвленный характер реакции в этой смеси и устойчивость к дезактивации колебательных состояний молекулы CO обусловили возможность создания химического лазера на свободно горящем пламени[16]. Образно говоря, стоит лишь зажечь горелку, горючим для которой являются пары сероуглерода, и поместить пламя в резонатор, состоящий из двух зеркал, как начнется генерация когерентного инфракрасного излучения. Правда давление реагентов в пламени должно быть довольно низким. При атмосферном давлении зажечь генерирующее пламя еще не удалось.

$CS_2 + O_2$-лазер — первая система, в которой используется на практике процесс разветвления в цепной реакции. Недостаток его — малый удельный энергосъем (около 6 Дж/г).

Этот раздел мы посвятили сегодняшнему дню химических лазеров. Подробно рассказать историю их развития с описанием тех трудностей, которые приходилось преодолевать на этом пути, не позволяет ограниченный объем статьи. По этой же причине мы не описывали детально процессы, происходящие в химических лазерах, а также конструкции их узлов и блоков. Но чтобы у читателя сложилось качественно правильное представление о химических лазерах, как о большом научном и техническом направлении, сделаем несколько общих замечаний.

Совокупность процессов, происходящих при превращении химической энергии в когерентное излучение, не сводится, конечно, к тем простым схемам, которые были использованы нами для пояснения основных принципов работы химических лазеров. Например, достаточно полная схема, описывающая режимы работы фтор-водородного лазера, включает в себя несколько десятков различных элементарных реакций. К моменту создания химических лазеров скорости многих из этих реакций не были известны с достаточной степенью точности, а важность целого ряда их была понята только в процессе изучения режимов работы лазеров. Исследователям пришлось перемерить или измерить впервые более сотни скоростей различных кинетических процессов. При этом привлекалась самая разнообразная экспериментальная техника: масс-спектрометрия, ударные трубы, лазерная спектроскопия и сами химические лазеры.

Много проблем пришлось решить ученым и инженерам при разработке экспериментальной техники химических лазеров. В частности, для подготовки фтор-водородной смеси существенным оказался открытый академиком Н. Н. Семеновым и его школой разветвленно-цепной механизм реакции в смеси молекулярных водорода и фтора. Создание химических лазеров непрерывного действия потребовало разработки техники неравновесно горящих сверхзвуковых струй. Весьма сложной конструкторской и технологической проблемой стала проблема специальных сопловых блоков. Подбор материалов, стойких в химически агрессивных средах, применяемых в химических лазерах, также явился (да и является) одной из важных и трудных задач и т. д. Другими словами, химические лазеры — это итог развития идей квантовой электроники на основе самых последних достижений химической кинетики, газовой динамики, спектроскопии и технологии.

Заканчивая этот раздел, мы хотим подчеркнуть, что перечислили в нем далеко не все уже работающие химические лазеры. В настоящее время существует множество лазер ем,

[16] Создан в США (К. Д. Фостер, Дж. Х. Кимбел) в 1970 г.

отличающихся исходными реагентами, способами инициирования, конструкцией, излучающими молекулами.

Перспективы развития химических лазеров

Читатель, наверное, обратил внимание на то, что в химических лазерах непрерывного действия цепной механизм получения возбуждеиных молекул используется лишь в системе DF — CO_2, инициируемой радикалом NO.

Между тем применение цепного механизма для создания других лазеров, например, HF-(или DF)-лазера непрерывного действия, обещает значительные выгоды. Расчеты показывают, что энергетика HF-лазера на основе цепной реакции может быть увеличена примерно вдвое по сравнению с нецепной. Это, пожалуй, основная, но не единственная выгода.

Что же мешает реализовать преимущества цепного процесса в HF(DF)-лазерах непрерывного действия? Дело в том, что при развитии цепного процесса в лазерной зоне будет выделяться почти втрое больше тепла. Тем самым проблема теплового «кризиса» течения в цепном варианте стоит намного острее, чем в нецепном. Сильное же разбавленне потока гелием сводит на нет энергетические пренмущества цепного процесса.

Теория предсказывает, что выход может быть найден, если использовать не направленный, а расходящийся во все стороны поток цилиндрической геометрии. Но только эксперимент может показать, насколько справедлив этот теоретический прогноз.

Другая важная проблема — использование цепных разветвленных реакций. Напомним еще раз, что это такие цепные реакции, в процессе которых активные атомы или радикалы не только воспроизводятся, но и размножаются. Возможность прямого использования разветвленного цепного процесса для генерации (в непрерывном режиме) когерентного излучения, как было сказано, удалось доказать для CS_2—O_2-лазеров непрерывного действия. Совсем недавно в Институте химической физики АН СССР получена генерация и в импульсном режиме за счет процесса разветвления этой реакции.

Возможен и другой путь использования разветвленных цепных реакций — так называемое фотонное разветвление. Суть его состоит в следующем. Электромагнитное излучение (фотоны), испускаемое возбужденными продуктами реакции, поглощается одним из компонентов реагирующей смеси, в результате чего он либо сам становится химически активным, либо распадается на химически активные компоненты-радикалы. Пос реакцию. Тем ся в цепной, ; фотон становится не сопутствующим продуктом реакции, а ее прямым участником.

Допустим, мы составили химическую смесь $H_2 + F_2 + RF$, где RF — молекула, способная поглощать излучение, испускаемое молекулами HF, и распадаться на R и F с появлением активной частицы — атомарного фтора. Тогда процесс может развиваться по следующей схеме:

$$F + H_2 \rightarrow HF^* + H,$$
$$H + F_2 \rightarrow HF^* + F,$$
$$HF^* + nh\nu \rightarrow HF + (n+1)\ h\nu,$$
$$RF + mh\nu \rightarrow RF^* \rightarrow R + F.$$

Реакция стартовала с одного атома фтора, а в результате поглощения m квантов излучения число атомов фтора удвоилось. Теперь вопрос только в том, сколько квантов излучення приходится на каждый атом фтора, т. е. такова хемолазерная длина цепи данной реакции. Мы уже знаем, что реакция в смеси $H_2 + F_2$ нмеет большую хемолазерную длину. Обозначим ее, выразив в числе фотонов, через f. Тогда, если $f > m$, то часть излучаемых фотонов (m) пойдет на развитие реакции, а другая часть (f—m) может быть выведена из системы в виде лазерного луча. Анализ приведенного выше процесса при энергии диссоциации молекул RF около 100 ккал/моль показывает, что необходимое условие $f > m$ — выполняется. То же относится и к процессу в смеси $D_2 + F_2 + CO_2 + He + RF$ ($DF - CO_2$-лазер). На наш взгляд, есть все основания надеяться на успех в развнтии этого направления.

* * *

Несмотря на большое разнообразие химических лазеров, число молекул, генерирующих излучение, ограничено. Это прежде всего двухатомные молекулы: CO, галогеноводороды и их дейтерозамещенные аналоги; молекула CO_2; атом йода I. Этот перечень определяет и диапазон длин волн, генерируемых химическими лазерами. Все эти волны лежат в инфракрасном диапазоне. Поэтому весьма интересны новые идеи, позволяющие создать химические лазеры в видимом и ближнем ультрафиолетовом диапазоне. Поиски в этом направлении ведутся. Предложен ряд химических реакций, с которыми связывается надежда на выход в видимый диапазон. В частности, большой интерес проявляется к реакции окисления олова

$$Sn + N_2O \rightarrow SnO^* + N_2,$$

продуктом которого является окись олова в возбужденном электронном состоянии. Однако пока нет сообщений о создании химического лазера на этой основе.

В последнее время пристальное внимание привлекают химические лазеры, излучающие в далекой инфракрасной области, где другими мето-

дами получить генерацию трудно. Предполагается использовать переходы между вращательными состояниями молекул без изменения колебательной энергии (чисто вращательные переходы). Вращательные состояния в молекулах галогеноводородов могут возбуждаться как непосредственно в процессе химической реакции, так и за счет превращения колебательной энергии во вращательную. Особый интерес в этом отношении представляет молекула HF, на вращательных переходах которой уже получена генерация в химическом лазере. Правда КПД этих лазеров меньше, чем лазеров, использующих переходы между колебательными состояниями.

Значение химических лазеров

Химические лазеры широко применяются для исследования кинетических процессов: скоростей химических реакций, путей перераспределения энергии, выделяющейся в процессе реакции и т. п. Изучение этих процессов важно как для развития многих областей науки и техники, так и для глубокого понимания особенностей работы самих химических лазеров.

Чем полезны здесь именно химические лазеры? Во-первых, уникальным диапазоном генерируемых частот. Молекулы HF, DF, HCl плохо «поддаются» возбуждению не химическими способами, так что в диапазоне излучения этих молекул пока не удается создать другие типы лазеров, приближающихся по своим характеристикам к химическим. Во-вторых, исследуя особенности процессов излучения во времени, мы получаем очень ценную информацию о кинетике химических реакций, лежащих в основе данного химического лазера. Если же добавить в смесь химического лазера другие реагенты, то в ней возникнут дополнительные химико-кинетические реакции, которые будут влиять на развитие генерации. Это позволяет измерять скорости дополнительных процессов.

Технические применения химических лазеров тесно связаны с их особенностями. В настоящее время мощные лазеры разных типов уже используются в технологии: резка материалов, сварка конструкций самого разного масштаба, обработка и закалка поверхностей и т. д. На основе мощных химических лазеров могут быть созданы специализированные технологические системы. Химические лазеры с их энергетической автономией и большой удельной энергией смогут, по-видимому, применяться в лазерной космической технологии.

В настоящее время лазерный термоядерный синтез (ЛТС) стал одним из важных направлений в освоении термоядерной энергии[17]. Осуществление ЛТС требует мощных лазеров, работающих в импульсно-периодическом режиме. Для их возбуждения необходимы энергоемкие и сложные устройства. И хотя химические импульсные лазеры, как мы знаем, также не являются пока автономными чисто химическими устройствами, системы для инициирования реакции в них намного менее энергоемки и громоздки, чем в лазерах других типов. Например, H_2-F_2-лазер, как говорилось, позволяет получить удельный энергосъем 400 Дж/л при атмосферном давлении реагентов и КПД по вложенной энергии около 150% (см. табл. 1). Длительность импульса генерации при этом около 50 нс. Чтобы получить такую же энергию от обычного лазера с электрической накачкой, имеющего КПД в коротком импульсе около 10%, надо затратить в 15 раз больше энергии на его питание. Да и удельный энергосъем в 400 Дж/л пока трудно получить с помощью любого другого типа лазера. А большой удельный энергосъем — это меньшие габариты системы.

Однако химические лазеры обладают и рядом недостатков. Основной — необходимость от импульса к импульсу быстро менять смесь в реакторе и восстанавливать реагенты. Правда с энергетической точки зрения проблема восстановления реагентов не выглядит особо трудной. Достигнутый в настоящее время химический КПД в 22% в H_2-F_2-лазерах при КПД восстановления реагентов ~30% делает возможным общий энергетический КПД ~7%, это уже очень хорошо для импульсного лазера. Однако во что обойдется создание такой системы в целом, сказать пока трудно. Большая система требует больших расходов — например, на автоматическое управление и его энергообеспечение. К тому же возникают технические трудности, связанные с сохранением в крупномасштабных установках параметров лазера, достигнутых в условиях малого масштаба, и т. п. Создание чисто химических импульсных лазерных установок (без систем «внешнего» инициирования) заметно повысило бы конкурентноспособность химических лазеров в споре за место в энергетических системах ЛТС.

Как уже отмечалось, сегодня серьезно изучается проблема преобразования ядерной энергии сначала в химическую, а уж затем в другие ее виды, необходимые потребителю. Так как основным видом горючего, добываемого с помощью ядерной энергии, мыслится водород, то создание химического лазера, преобразующего в когерентное излучение энергию сгорания водорода в кислороде, весьма заманчиво.

В этой связи интересна лазерная система[18], в

---

[17] См. статью Ю. В. Афанасьева и Н. Г. Басова «Лазерный термоядерный синтез» в ежегоднике «Наука и человечество. 1981». — *Ред.*

[18] Первые эксперименты в этом направлении были выполнены в 1976—1978 гг. [illegible]

основе которой лежит реакция $H + O_3 \rightarrow OH^* + O_2$. Полученный в ней возбужденный радикал OH^* передает свою энергию молекуле CO_2, которая и служит излучателем:

$$OH^* + CO_2 \rightarrow OH + CO_2^*.$$

Атомарный водород, необходимый в лазерной зоне, предполагается получать за счет разветвленного процесса окисления водорода при высокой температуре. Предварительный нагрев смеси $O_2 + H_2$ производится горячим CO_2, последний же получается при сгорании окиси углерода в кислороде. Такая система будет первым шагом к созданию кислород-водородного лазера.

На наш взгляд, значение химических лазеров не исчерпывается возможностями их технического применения. Не менее важны фундаментальные идеи, развиваемые в связи с проблемой прямого преобразования химической энергии в энергию когерентного излучения. Опыт и конкретные научные знания, приобретенные в процессе разработки и изучения химических лазеров, оказываются полезными для ряда смежных направлений: газовой динамики неравновесных потоков, химической кинетики и т. д. В частности, химические лазеры тесно соприкасаются с новым научным направлением — лазерной фотохимией, которая также развивается на стыке квантовой электроники и химии[19].

Если для создания химических лазеров нужны реакции, при которых образуются продукты в определенных энергетических состояниях, то применение лазеров для стимулирования химической реакции ставит своего рода обратную задачу: с помощью лазера возбудить определенные энергетические состояния молекул и обеспечить течение химической реакции по каналу, наиболее выгодному в заданных условиях. Поэтому и химические лазеры, и лазерная фотохимия имеют много общих проблем.

Важность химических лазеров для развития лазерной инфракрасной фотохимии (лазерохимии) состоит еще и в следующем. HF- и DF-химические лазеры излучают в диапазоне, где имеются резонансные полосы поглощения большого числа химических соединений, а других лазеров в этом диапазоне, сравнимых по мощности и энергии с химическими, пока не существует.

Нам остается добавить, что разные виды энергии имеют различное «качество». В науке существует мера качества энергии — энтропия. Чем меньше энтропия, тем более высокого качества энергия. В состоянии теплового равновесия энтропия максимальна для данного количества энергии, поэтому тепло является энергией самого низкого качества. В течение сотен лет использования химической энергии утверждался взгляд на нее, как на источник тепла. Исследования, стимулируемые развитием химических лазеров, все больше убеждают нас в том, что широкий класс химических реакций является источником низкоэнтропийной энергии — энергии высокого качества. Этот вывод должен стимулировать дальнейшие поиски новых, более рациональных путей использования химической энергии.

[19] См. статью Е. П. Велихова и В. С. Летохова «Лазерная атомно-молекулярная технология» в ежегоднике «Наука и человечество. 1982». — *Ред.*

СТО ЛЕТ НАЗАД

Датский химик И. Кьельдаль предложил новый метод определения азота в органических веществах, известный ныне как «метод Кьельдаля».

Немецкий ... инженер Г. Даймлер сконструиро... ...ый двигатель, который впо... ...автомобиле, мотоцикле,

Сигеру ОАЭ (Оае)
(р. 1920) — японский химик, профессор. Получил степень доктора наук в университете г. Осака, в 50-х годах работал в США. В 1960 вернулся в Японию и стал профессором университета г. Осака. После того как в 1973 был образован Университет Цукубо, С. Оаэ стал первым деканом химического факультета, а затем профессором этого же университета. В настоящее время снова находится в длительной командировке в Канзасе (США), куда приезжал он 30 лет назад.
В списке научных работ профессора С. Оаэ примерно 500 научных статей и 15 книг. В числе последних: «Органическая химия серы», «Связи серы» и «Химия органических соединений серы», переведенная на русский язык.
С. Оаэ присуждена премия Химического общества Японии за 1972. В течение 1978—1979 он был вице-президентом этого общества.

СИГЕРУ ОАЭ

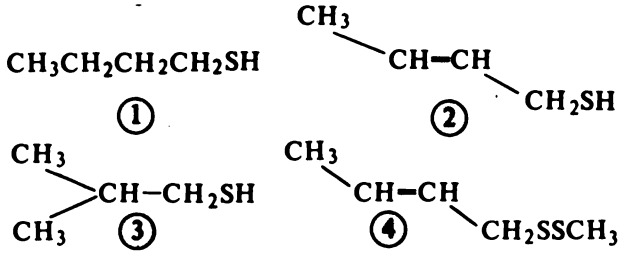
Сера в природе и в лаборатории

Сера — один из немногих элементов, имеющихся в свободном состоянии в земной коре, она обнаружена также в значительных количествах и на других планетах солнечной системы (Венера и спутник Юпитера Ио). В прежние времена серу часто использовали в религиозных обрядах, поскольку считалось, что раздражающий зловонный запах горящей серы способен отгонять злых духов. Это поверье было распространено не только у древних греков, но и у древних китайцев и японцев.

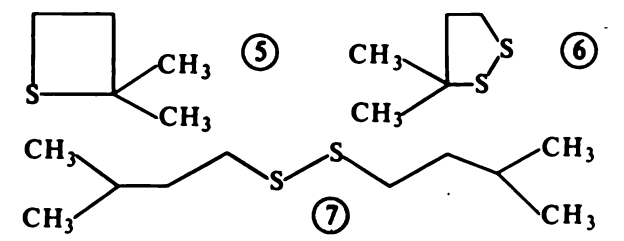
Скверный запах многих органических соединений серы ассоциируется с их вредным воздействием на живые существа, но подобные представления, по-видимому, сильно преувеличивают действительный эффект. В странах с повышенной вулканической активностью (Япония, Италия) сернистые воды и раньше считались и теперь считаются отличным лечебным средством для исцеления от кожных заболеваний, артритов и таких трудноизлечимых недугов, как ревматизм.

Газы, выделяемые горячими источниками и вулканами, имеют такой же скверный запах, что и дым от нефтеперегонных предприятий и тепловых станций, работающих на угле. Основные компоненты (запаха) — двуокись серы SO_2 и сероводород H_2S. Раздражающий запах двуокиси серы возникает всегда, когда зажигают спички; запах сероводорода тоже знаком всем — так пахнут протухшие яйца. Оба эти вещества имеют не только неприятный запах, но они к тому же и токсичны. Запах сероводорода столь интенсивен, что человек обнаруживает его в разведении порядка 1:10^9. Однако среди компонентов дыма от нефтеперегонных предприятий есть еще более сильно пахнущие вещества — аналоги сероводорода, а именно меркаптаны. Третичные алкильные меркаптаны известны как наиболее интенсивно- и дурнопахнущие вещества. Благодаря этим особенностям третбутилмеркаптан $(CH_3)_3CSH$ применяют как добавку-метчик (одорант) к природному газу, используемому в качестве топлива, для обнаружения его утечки*.

Долгое время считалось, что несносный запах экскрета полосатого скунса (*Mephitis mephitis*), обитающего в Северной Америке, обусловлен 1-бутантиолом (*1*). Однако недавние исследования К. К. Андерсена и Д. Дж. Бернстейна показали, что летучая фракция этого экскрета содержит транс-2-бутентиол-1, 2-метилпропан и транс-2-бутенилметилдисульфид в соотношении 4:3:3, а не является 1-бутантиолом (*1*—*4*).



Дурнопахнущий экскрет, выделяемый анальными гландами норки (*Mustela vison*) и хорька (*Mustela putorius*), содержит, по данным К. Шильдкнехта, в качестве основного компонента мустелан-2,2-диметилтиетан (*5*), а также минорные компоненты — 3,3-диметил-1,2-дитиолан (*6*) и диизопентилдисульфид (*7*).



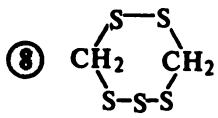
Неприятный запах характерен также для жирных кислот низкомолекулярного веса. Так,

* В СССР в качестве одоранта применяют смесь меркаптанов с двумя-тремя углеродными атомами. — *Ред.*

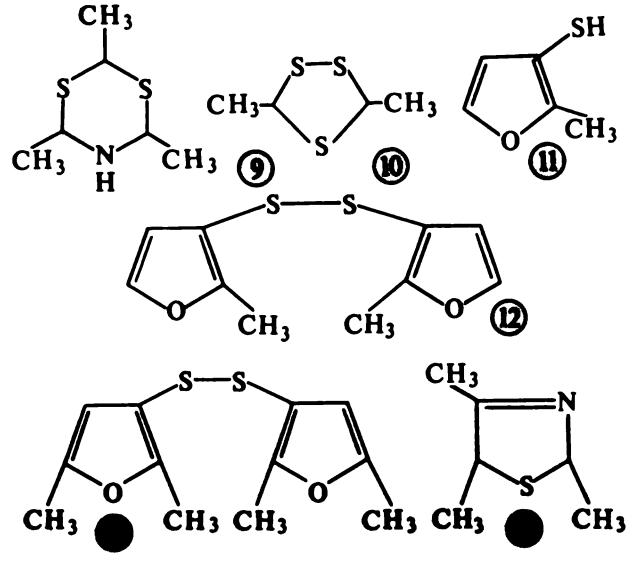
например, масляная кислота, содержащая 5 атомов углерода, имеет запах протухшего молока или человеческого пота. Наиболее скверный запах, по моему мнению, у низкомолекулярных дитиокислот.

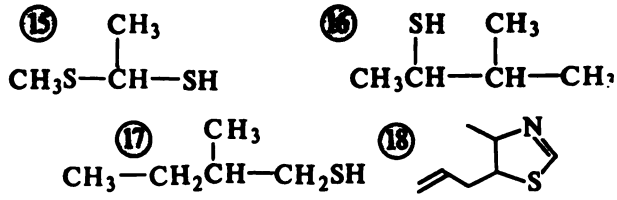
По-видимому, характер запаха серусодержащих соединений зависит от валентного состояния атома серы, и наиболее пахучи всегда те соединения, которые содержат атом двухвалентной серы. При этом тиолы пахнут существенно более резко, чем тиоэфиры, точно так же, как спирты имеют более сильно действующий запах, чем эфиры.

Однако не все серусодержащие соединения скверно пахнут. Так, японцы и китайцы бывают огорчены, если им не удается использовать для приготовления праздничных деликатесов китайские грибы. Характерный запах последних обусловлен лентионином (*8*) — соединением, на 85% состоящим из серы.

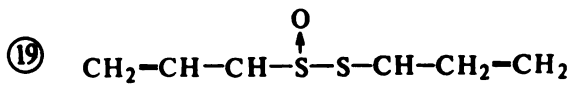


Действительно, многие дисульфиды и полисульфиды имеют довольно приятный аромат. Поджаренная говядина содержит множество соединений двухвалентной серы, среди которых два наиболее важных носителя запаха: тиальдин (*9*) и 3,5-диметил-1,2,4-тритиолан (*10*), а также 2-метил-3-фурилтиол (*11*), бис-(2-метил-3-фурил) дисульфид (*12*), бис-(2,5-диметил-3-фурил) дисульфид (*13*), 2,4,5-триметил-3-тиазолин (*14*) и такие ациклические тиолы, как 1-метилтиоэтантиол (*15*), 3-метил-2-бутантиол (*16*) и 2-метил-1-бутантиол (*17*). Некоторые из этих ациклических соединений, особенно 1-метилтиоэтантиол, имеют запах, тождественный запаху свежего лука. Тем самым улучшаются вкусовые качества мяса.

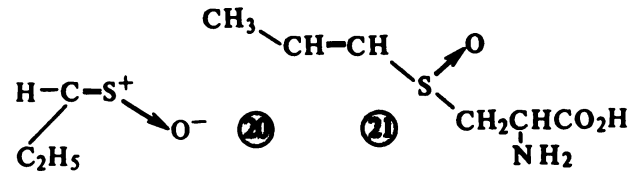




Двухвалентные соединения серы обусловливают также запах сыра. К их числу относятся этилметилдисульфид, диметилтрисульфид, диметилтиоформаль, а также метантиольные эфиры различных карбоновых кислот. Даже в аромате какао есть запах винилтиазола (*18*), аромат чая и жареных зерен кофе создают двухвалентные соединения серы. Действительно, н-гептил- и н-гексилмеркаптаны, как известно, добавляются для имитации запаха кофе. Основной компонент запаха чеснока — диаллилдисульфид, хотя биологически более важным компонентом чеснока является моноокись диаллилдисульфида, т. е. диаллилтиолсульфинат (*19*), называемый «аллицином», — первый из обнаруженных в природе тиолсульфинатов.



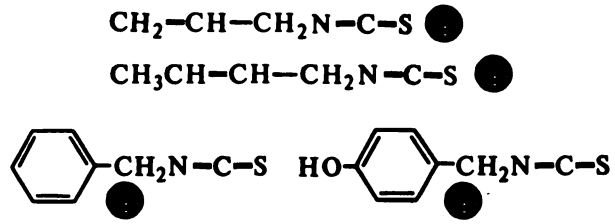
Совсем недавно Е. Блок установил структуру слезоточивого начала лука и синтезировал это соединение. В формуле (*20*) показана его структура; предположено, что он образуется в природе из транс (+) —S— (1-пропенил) L-цистинсульфоксида (*21*) под действием фермента аллиназы и пиридоксаль фосфата.



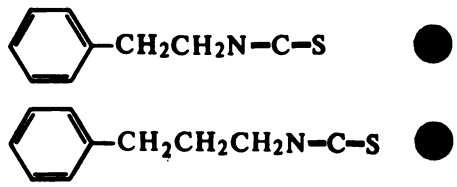
Едкие вещества содержатся также в горчице, хрене и других овощах с острым вкусом и ароматом, в их состав входит изотиоцианатная группа — N = C = S. Все эти овощи, по-видимому, имеют в качестве компонента одно из веществ характеристичной группы соединений, называемых тиоглюкозидами, или глюкозидами горчичного масла. Именно эти соединения и являются, по А. Кьяру, предшественниками изотиоцианатов. Предполагается, что при гидролизе тиоглюкозидов под действием фермента тиоглюкозидазы генерируется соответствующий изотиоцианат, а также некоторые количества изомеризованных или десульфированных продуктов.

В семенах черной горчицы, капусте кочанной, цветной, спаржевой и хрене найден аллилизотиоцианат (*22*), а основным компонентом, обуслав-

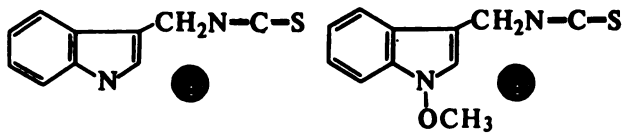
ливающим резкость запаха и вкуса горчицы, является бутенилизотиоцианат (*23*). В садовом салате содержится бензилизотиоцианат (*24*), а в белой горчице и редьке обнаружен п-оксибензилизотиоцианат (*25*).



Установлено, что характерный острый вкус хрена вызван, помимо аллилизотиоцианата, также фенилэтил — (*26*) и фенилпропилизоцианатами (*27*).



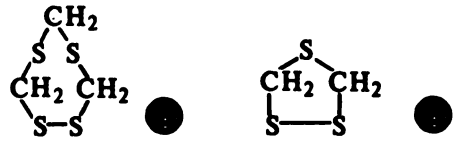
Кроме указанных выше соединений в капусте разных видов содержатся также 3-индолилметил (*28*) и 3-N-метоксииндолил-1-метилизоцианат (*29*).



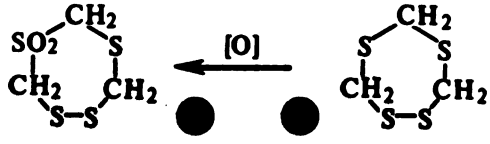
Некоторые из овощей, таких, как свекла, горчица, а также редис, содержат до нескольких миллиграммов изотиоцианатов на 100 г веса и поэтому могут хорошо развиваться на почвах, обогащенных серой, каких много в вулканических районах Японии и других стран. Избыточное использование в качестве удобрения сульфата аммония часто приводило к резкому падению урожаев риса, особенно на очень влажных участках, поскольку в этих случаях при восстановлении сульфата бактериями почвы происходило ее загрязнение сероводородом. Однако такие почвы могут быть улучшены, если периодически засевать их луком, горчицей или редисом, как было показано профессором Р. Цучида (университет г. Осака), который усиленно выступал против использования сульфата аммония как удобрения на рисовых полях. Сульфат аммония применяли в первое десятилетие после второй мировой войны, потом его заменили на мочевину.

Циклические дисульфиды

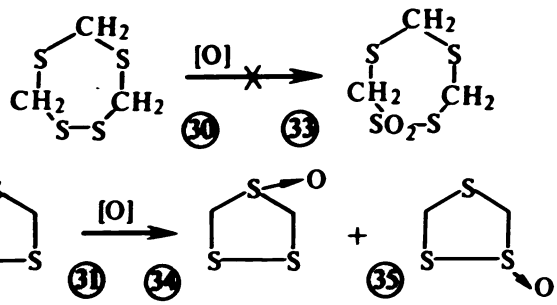
Китайские грибы используются не только как ароматные приправы в традиционной кухне Китая, Японии и Кореи. Считается также, что пища, приготовленная с этими специями, дольше сохраняется в свежем виде. С древних времен японцы научились готовить с сушеными китайскими грибами различные блюда к Новому году заранее с тем, чтобы самые трудолюбивые домашние хозяйки были избавлены на праздничные дни от кухонных хлопот и могли развлекаться вместе со всей семьей. Группа химиков фирмы «Такеда Кемиклз» в г. Осака, руководимая доктором К. Морита, выделила и синтезировала основной компонент этих специй — лентионин (*8*), в состав которого входят пять атомов серы и лишь два метиленовых звена. Это соединение при соответствующем разбавлении имеет характерный аромат сушеных китайских грибов, однако использовать его в качестве приправы довольно трудно, поскольку в обычных условиях приготовления пищи нелегко бывает подобрать соответствующую концентрацию этой ароматной добавки. У лентионина обнаружена некоторая антибиотическая активность. Гораздо более высокой антибиотической активностью, как оказалось, обладает другое соединение, также найденное в том же китайском грибе, — 1,2,4,6-тетратиопан (*30*). Эти соединения, запах которых похож на запах новых автомобильных шин или беговых туфель, совместно с минорным компонентом 1,2,4-тритиоланом (*31*) встречаются не только в грибах, но и в красных водорослях (*Chondria California*). Было установлено, что сырой экстракт имеет некоторую антибиотическую активность.



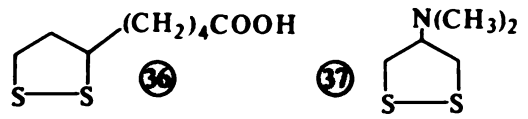
Может возникнуть вопрос: каким образом и из каких предшественников образуются в растениях эти простые многосернистые молекулы? Ответ пока еще неизвестен. Тщательное изучение позволило предположить, что носителем антибиотической активности является диоксид 1,2,4,6-тетратиопана (*30*), имеющий структуру (*32*), а не альтернативную структуру (*33*). Очевидно, семичленный циклический тиолан (*30*) преимущественно окисляется по сульфидному, а не по дисульфидному атому серы,



в то время как в случае пятичленного 1,2,4-тритиолана (*31*) при окислении затрагиваются оба этих центра, что приводит к образованию двух изомеров (*34*) и (*35*). Наши недавние исследования по окислению различных сульфидов и дисульфидов показали, что можно повлиять на направленность реакции путем изменения характера окислителя.

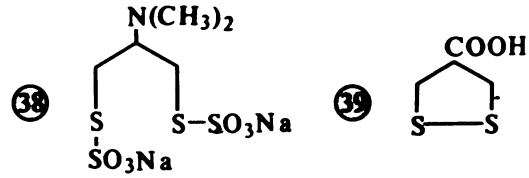


Среди многих пятичленных циклических дисульфидов, производных тиоланов, обладающих биологической активностью, следует назвать липоевую кислоту (*36*) (витамин В), являющуюся первым представителем этого класса соединений, выделенных из природных источников. Роль витамина В как важного фактора для различных биологических процессов так хорошо известна, что здесь можно на этом не останавливаться. Интересна история обнаружения другого дитиолана, а именно 4-диметиламинодитиолана (нереистоксина) (*37*).



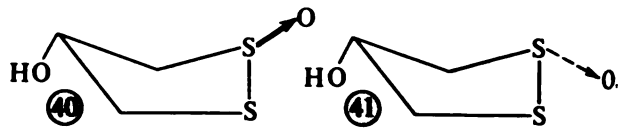
На протяжении нескольких столетий рыбаки в Западной Японии использовали в качестве наживы морского кольчатого червя (Lumbriconeris heteropoda). Было известно, что те, кому приходилось иметь дело с большим количеством этой наживы, часто страдали от сильнейшей головной боли, а иногда и рвоты, особенно в жаркое летнее время, когда морские черви быстро погибали от жары. В народе сложилось мнение, что эти беды — своего рода месть природы тем, кто убивал живые существа. Уже в давние времена было также известно, что домашние мухи погибали при контакте с мертвым морским червем. Почти сто лет продолжались попытки выделить токсичный компонент химическими методами, но лишь два десятилетия назад доктора Т. Окайчи и И. Хашимото из Токийского морского университета наконец установили строение нереистоксина. После разработки простого метода синтеза этого соединения группой ученых из фирмы «Такеда Кемиклз», возглавлявшейся доктором Юруги, появились перспективы применения его как инсектицида. В настоящее время предшественник нереистоксина — соль Бунте (*38*), получаемая при расщеплении S—S-связи дитианового производного, широко используется в качестве инсектицида на рисовых полях. Поскольку соль Бунте хорошо растворима в воде, она быстро поглощается побегами риса, а в листьях после гидролиза эта соль под действием солнечного света превращается в нереистоксин, являющийся эффективным инсектицидом.

И. Китахара показал, что основным фактором роста этилированных (выращенных в темноте) молодых ростков спаржи является аспарагузовая кислота (*39*).



Эта кислота может быть извлечена из побегов спаржи прямой экстракцией эфиром. Обработка вегетационных сосудов с редисом, салатом и красной морковью водным раствором этого соединения в концентрации 1000 частей на миллион замедляла прорастание этих растений по крайней мере на двадцать дней, за то же время прорастало более чем 80% контрольных необработанных растений. Аспарагузовая кислота сейчас производится фирмой «Мицубиси Кемиклз» в качестве регулятора роста растений.

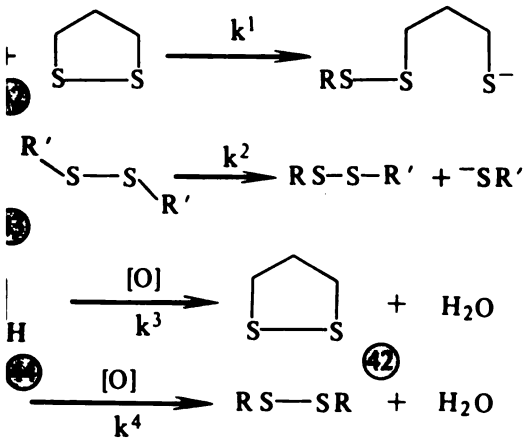
Другие производные дитиолана — это бругиерол (*40*) и изобругиерол (*41*), они выделены экстракцией хлороформом из коры и корней тропического растения *Brugiera cylindrica*



Выделение веществ (*40*) и (*41*) показало, что в природе могут существовать тиолсульфинаты, которые, как правило, не являются стабильными веществами. Экстракт, содержащий бругиерол, обнаруживал активность против бактерий *Actobacillus acidophilis* и *Bacillus subtibis* большую, чем экстракт с бутилсалицилатом.

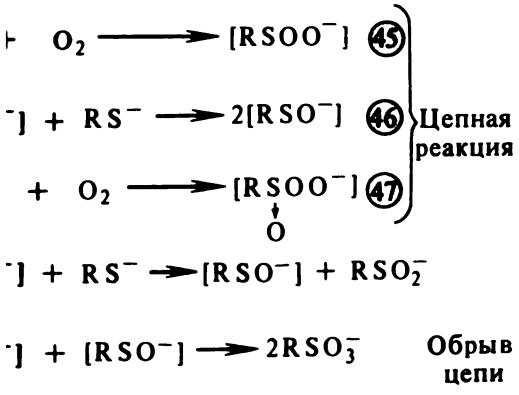
Особенность строения пятичленной молекулы дитиана, т. е. триметилендисульфида (*42*), — относительно большое внутреннее напряжение, что, возможно, и обусловливает его высокую биологическую активность. Дитиан реагирует с алкантиолатом в 10^4 раз быстрее, чем обычный дисульфид с открытой цепью (*43*) (константа $k_1 = 10^4 k_2$). Окислительная циклизация 1,3-триметилендитиола (*44*) с образованием дитиана (*42*) происходит в несколько раз быстрее, чем окислительное сочетание ациклических тиолов, т. е. $k_3 > k_4$. Подобное легкое раскрытие и замыкание цикла дитиановой

, по-видимому, также могут обусловли-
логические функции липоевой кислоты.



жое
ическое окисление сульфидов,
дов и родственных соединений

о два типа окисления органических про-
их серы: нуклеофильное и электрофиль-
клеофильное окисление обычно наблюда-
я отрицательно заряженных и богатых
ами окислителей, которые преимуще-
атакуют обедненные электронами атомы
рганических серусодержащих соединени-
ичным примером может служить окисле-
цухом (называемое автоокислением) тио-
ов RS^--продуктов диссоциации тиолов
дисульфидов. В результате этого в основ-
разуется сульфинат-ион RSO_2^-. В этой
атмосферный кислород, по-видимому,
ет с тиолат-ионом с образованием перо-
фената (*45*), который далее окисляет тио-
епной реакции, представленной на следу-
еме:

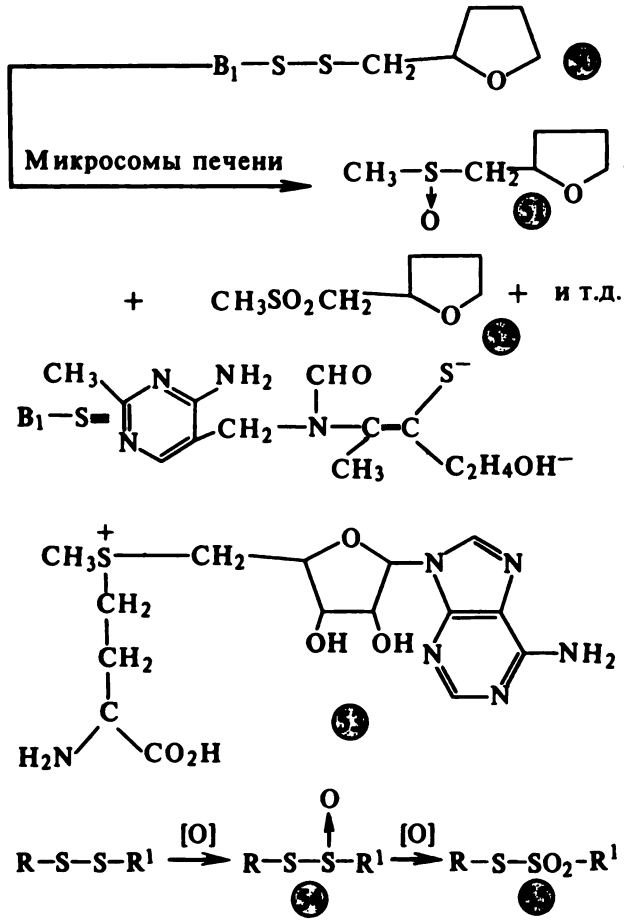


роксисульфенат (*45*) и пероксисульфинат
отрицательно заряженые нуклеофильные
ли, в то время как сульфенат RSO^- (*46*)
переносчиком цепи. Пероксисульфенат и пероксисульфинат могут генерироваться при действии на дисульфиды и тиолсульфинаты супероксидом, который также встречается в системах биологического окисления. Действительно, в нашей лаборатории было найдено, что серусодержащие соединения, имеющие S—S связь, легко-окисляются как в сульфинаты, так и в сульфонаты при реакции супероксидного аниона, генерируемого из KO_2 и 18-краун эфира в присутствии пиридина.

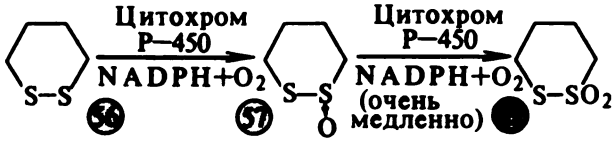
Аналогичные реакции известны для систем биологического окисления тиолов. Так, метаболическое превращение цистеина (*48*) и цистеамина (*49*) приводит к образованию соответствующих сульфиновых кислот, в которых два атома кислорода взяты из кислорода воздуха, а не из воды; ферменты же, осуществляющие оба этих превращения, содержат, по-видимому, железо, не входящее в состав активной части фермента (гема). Роль этих ферментов может заключаться не только в переносе кислорода воздуха, но и в обеспечении диссоциации цистеина (или цистеинамина) до тиолата или генерировании супероксид-аниона в этой системе:

Активный витамин B_1 часто применяется в виде дисульфида. Если вводить тиаминдисульфид (*50*) в организм мышей, то среди метаболитов, выделенных из мочи животных, обнаруживается метилсульфоксид (*51*), метилсульфон (*52*), а также ряд других продуктов расщепления S—S связи. Однако было найдено, что при биохимическом окислении микросомами печени крыс, содержащими монооксигеназу, кислородные атомы, как в сульфоксиде, так и сульфоне образовались за счет включения кислорода воздуха, а метилирование происходило, безусловно, за счет переноса метильной группы из S-аденозилметионина (*53*). Поскольку в результате биологического окисления появлялись только конечные метаболиты, нельзя было судить об образовании таких возможных промежуточных продуктов окисления дисульфидов, как, например, тиолсульфинат (*54*) и тиолсульфонат (*55*).

Поэтому в качестве субстрата нами был выбран 1,2-дитиан (*56*), который в опытах in vitro дает стабильный монооксид — тиолсульфинат (*57*). Для его окисления in vitro использовали очищенный фермент цитохром Р-450, ответственный



за метаболическое окисление ксенофобных веществ микросомами печени кролика. Оказалось, что под действием этого фермента 1,2-дитиан (*56*) легко окисляется в монооксид (*57*), который далее окисляется до диоксида (*58*), хотя последняя стадия осуществляется гораздо медленнее, чем первая. Уже одно это наблюдение



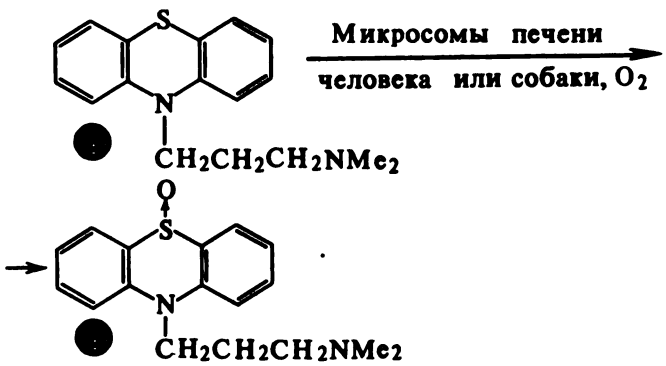
указывало на то, что ферментативное окисление не нуклеофильно, поскольку в нем монооксид (*57*) должен был окисляться гораздо быстрее, чем 1,2-дитиан. Скорее всего, фермент является электрофильным окислителем, т. е. не обладающим избытком электронов. В пользу этого предположения говорят и многие другие данные, которые будут рассмотрены ниже.

Известно, что из числа электрофильных окислителей в биологических системах встречаются перекись водорода, надкислоты, образующиеся из перекиси водорода, и синглетный кислород $^1O_2$. Известно также, что перекись водорода «гасится» ферментом каталазой, а синглетный кислород теряет свою активность в присутствии диазабициклооктана (ДАВСО). Оказалось, что окисление дитиана (*56*) очищенной системой фермента цитохром Р-450 не подвержено влиянию каталазы или ДАВСО, из чего следует, что эта система «работает» без «помощи» H_2O_2 или синглетного кислорода.

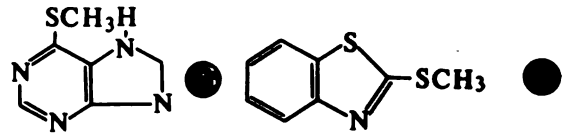
На примере окисления 4-арилтиана найдено, что наибольшим сходством с биологической окислительной системой обладает предложенная Уденфриндом система Fe^{II}/аскорбиновая кислота/O_2.

Обе эти системы проводят окисление аналогичным путем, и соотношение цис-транс-изомеров в образующихся сульфоксидах у них почти одинаково.

В одной из первых работ по биологическому окислению серусодержащих ксенофобных веществ изучалось окисление хлорпромазина (*59*) до сульфоксида (*60*) в макросомах печени (Б. Б. Броди, 1956). Хлорпромазин — препарат двойного действия, он используется и как транквилизатор, и как антигистаминное средство. Было найдено, что монооксигенирование происходит лишь в присутствии кофермента NADPH.



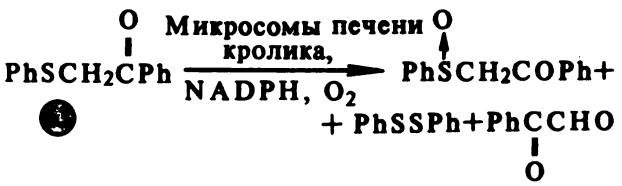
Если атом двухвалентной серы находится не в цикле, а в боковой цепи, как в 6-метилтиапурине (*61*) или в 2-метилтиобензотиазоле (*62*), то происходит также окислительное деметилирование (отрыв окислительной метильной группы).



В настоящее время считают, что ферментом, осуществляющим эти превращения в микросомах печени, является уже упоминавшийся цитохром Р-450. Название этому ферменту дано по энзиматическому пигменту—переносчику электронов, имеющему характеристическое поглощение при 450 *нм*, что типично для протеинов, содержащих железо в составе гема.

Для выяснения характера ферментативного окисления восстановленная ферментная система

с очищенным цитохромом Р-450 использовалась в окислении различных циклических и ациклических сульфидов. Было найдено, что обычные сульфиды при этом окисляются в соответствующие сульфоксиды, а иногда в сульфоны, в то время как сульфиды, содержащие электроноакцепторные группы типа фенилфенацилсульфида (*63*), как оказалось, частично окисляются в сульфоксид, а частично претерпевают окислительное деалкилирование (отщепление алкильной группы), приводящее к дисульфиду и фенилглиоксалю.



Конкуренция между окислением по атому S и окислительным расщеплением связи C—S наблюдается и при окислении сульфидов (содержащих электроноакцепторные группы) с помощью системы Фентона, состоящей из $TiCl_3$ и H_2O_2. В этой системе генерируется гидроксильный радикал, окисляющий сульфиды за счет одноэлектронного переноса через стадию образования сульфоний-катион-радикала (*64*).

Было найдено, что скорости ферментативного окисления сульфидов хорошо коррелируют с потенциалами одноэлектронного окисления сульфидов. Это заставляет предполагать образование сульфоний-катиона (за счет одноэлектронного переноса в реакции с OH-радикалом) в качестве лимитирующей стадии как для процессов с участием системы Фентона, так и для окисления с участием окисленного железа системы цитохром Р-450/O_2. Подобный механизм резко отличается от реакции окисления сульфидов электрофильными окислителями — перекисью водорода или надкислотами, в которой осуществляется прямая атака свободной электронной пары сульфида R—S—R_1 по перекисному кислороду. Последняя реакция в большей степени, чем оксигенирование гидроксильным радикалом, зависит от плотности электронов на центральном атоме серы и присутствия электронодонорных групп R и R^1; заметно увеличивается реакционноспособность сульфида. В случае окисления системой, содержащей цитохром Р-450, такой зависимости не наблюдается.

В микросомах печени есть и другой фермент — содержащая флавин монооксигеназа (данные Д. М. Циглера из Техасского университета и Р. П. Ханцлика, Дж. Р. Кэшмана и Дж. Дж. Трэйта из Канзасского университета). Этот фермент окисляет не только сульфиды, но тиолы и тиоамины до соответствующих S-оксидов и S-диоксидов. Однако механизм окисления в этом случае, по-видимому, отличается от механизма реакции, протекающей под действием системы цитохрома Р-450. По своей зависимости от электронных эффектов групп R и R^1 реакция напоминает окисление надкислотами или перекисью водорода. Так, при окислении флавинсодержащей монооксигеназой скорость реакции оксигенирования существенно возрастает по мере увеличения электронодонорной способности групп R и R^1, подающих электроны на реагирующий атом серы. Вероятно, действующий агент в этой реакции — перекись флавиновых групп фермента.

Таким образом, в природе наблюдается множество разнообразных процессов метаболического окисления и удаления из организма различных производных серы, являющихся как биологически полезными, так и токсичными для организма.

Мы начали эту статью с упоминания об элементной сере, которой очень много в земной коре, главным образом в вулканических районах. Однако даже вокруг вулканов элементная сера никогда не накапливается большими массами, она постепенно исчезает во влажном климате Японии или Гавайских островов.

Для этой цели природа предусмотрительно создана бактерии, окисляющие элементную серу до серной кислоты. Интересно, что эти сернистые бактерии обнаружены не только в областях, близких к вулканам, но и рядом с месторождениями нефти, где иногда встречаются залежи серы. Сернистые бактерии тиооксиданты обнаружены молодым биологом доктором С. Такакува неподалеку от одного из вулканов в северном районе Японии. Этот вид бактерий может существовать в сильно кислых средах при ph ~ 1, успешно размножается при ph ~ 4—5 и усваивает элементную серу. Такие бактерии могут расти на «диете», состоящей из неорганических соединений, углекислого газа CO_2 и элементной серы, хотя их организм построен из обычных белков, содержащих все существенные аминокислоты и необходимые витамины. Поскольку в клетках этих бактерий не содержится токсинов или факторов, вызывающих какие-либо аномалии в живых организмах, то они могут служить источником пищевых белков, причем сырье, необходимое для их жизнедеятельности, — элементная сера — сейчас имеется в избытке не только в вулканических районах, но в большом объеме поставляется нефтеперерабатывающей промышленностью.

Возможно, что когда-либо сбудется мечта японского биолога Такакувы о том, что пищей для людей станут белки, производимые этими бактериями из серы.

Николай Альфредович ПЛАТЭ
(р. 1934) — химик, член-корреспондент АН СССР, доктор химических наук, профессор.
Родился в Москве. В 1956 окончил химический факультет Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова по специальности «химия высокомолекулярных соединений».
В 1960 защитил выполненную под руководством одного из основателей науки о полимерах в СССР академика В. А. Каргина кандидатскую диссертацию на тему «Привитые полимеры и их физико-химические свойства», а в 1966 ученый совет Института нефтехимического синтеза АН СССР присуждает ему степень доктора химических наук за работы в области структурно-химической модификации полимеров.
С 1956 по настоящее время Н. А. Платэ работает в МГУ.
С 1962 руководит работами по модификации полимеров в Институте нефтехимического синтеза им. А. В. Топчиева АН СССР.
В 1974 Н. А. Платэ избирается членом-корреспондентом Академии наук СССР. В 1981 Президиум АН СССР присуждает ему первую с момента ее учреждения премию имени В. А. Каргина за «Исследование в области химических превращений макромолекул» — цикл работ, направленных на решение фундаментальных вопросов реакционной способности макромолекул и химической модификации полимеров.
Им опубликовано свыше 250 научных работ, в том числе книги «Макромолекулярные реакции» (совместно с А. Д. Литмановичем и О. В. Ноа) и «Гребнеобразные полимеры и жидкие кристаллы» (совместно с В. П. Шибаевым). В последние годы областью научных интересов Н. А. Платэ стала также химия медико-биологических полимеров, в частности разработка новых полимерных материалов и веществ, предназначенных для контакта с кровью и тканями живого организма.
Имеет ряд правительственных наград.

Валерий Петрович ШИБАЕВ
(р. 1936) — химик, доктор химических наук, профессор химического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова.
Родился в Москве. В 1959 окончил химический факультет МГУ по кафедре высокомолекулярных соединений.
В 1963 защитил кандидатскую диссертацию, посвященную синтезу сополимеров и изучению процессов структурообразования в привитых сополимерах.
В 1974 защитил докторскую диссертацию, материалы которой легли в основу монографии «Гребнеобразные полимеры и жидкие кристаллы», написанной им совместно с Н. А. Платэ.
Основные научные труды посвящены исследованию фундаментальных проблем структуры и свойств модифицированных полимерных систем, блок- и привитых сополимеров, исследованию взаимосвязи физических свойств гребнеобразных полимеров с их структурой.
В последние годы научные интересы связаны с новым научным направлением — созданием и изучением термотропных жидкокристаллических полимеров.
Автор более 200 научных работ и монографии.

НИКОЛАЙ АЛЬФРЕДОВИЧ ПЛАТЭ,
ВАЛЕРИЙ ПЕТРОВИЧ ШИБАЕВ

Жидкокристаллические полимеры

Что такое полимеры, в настоящее время представляет себе, по-видимому, каждый, а необычное сочетание слов «жидкокристаллические полимеры» понятно, пожалуй лишь специалистам. Однако именно к этим соединениям в последнее время привлечено внимание исследователей самого разного профиля, работающих в области химии высокомолекулярных соединений и физики твердого тела, кристаллографии и кристаллохимии, биологии и медицины, специалистов электронной промышленности и технологии химических волокон.

Интерес к этой области исследования возник буквально в последние 5—6 лет и объясняется возможностью создания полимерных систем, удачно сочетающих уникальные свойства низкомолекулярных жидких кристаллов и высокомолекулярных соединений. Изучение этого третьего состояния конденсированных систем, занимающего промежуточное положение между аморфным и кристаллическим состояниями, важно для развития теоретических представлений о структуре полимеров и низкомолекулярных жидких кристаллов. Оно непосредственно связано и с решением практических задач — созданием полимерных материалов с заданными свойствами. Так, например, использование анизотропии жидкокристаллического состояния в процессах переработки и формования полимерных материалов открывает широкие перспективы для получения сверхпрочных, высокомодульных волокон и пленок.

Прежде чем говорить о жидкокристаллических полимерах, посмотрим, что же из себя представляют низкомолекулярные жидкие кристаллы, поскольку они изучены более детально и некоторые сведения о них могут быть перенесены на жидкокристаллические полимеры.

Низкомолекулярные жидкие кристаллы

Со времени открытия жидких кристаллов прошло около 90 лет. Впервые их обнаружил австрийский ботаник Ф. Рейнитцер (*Reinitzer*), наблюдая две точки плавления холестерилбензоата в области температур 145 и 179°С (рис. 1). При 145°С (температура плавления — $T_{пл}$) твердое кристаллическое вещество превращалось в мутную анизотропную жидкость, которая при 179°С (температура прояснения — $T_{пр}$) становилась прозрачной и изотропной. Состояние холестерилбензоата в области температур 145—179°С было названо жидкокристаллическим, а вещества, способные в определенном температурном интервале выше точки плавления сочетать одновременно свойства жидкостей (текучесть, способность к образованию капель) и кристаллических тел (анизотропию), стали называть жидкими кристаллами. Жидкокристаллические вещества часто еще называют мезоморфными, а образуемую ими жидкокристаллическую фазу — мезофазой.

Сегодня известно более десятка тысяч органических веществ, которые могут находиться в жидкокристаллическом состоянии, и число таких соединений непрерывно растет. Основная особенность их строения — анизодиаметричная (асимметричная) стержнеобразная или пластинчатая форма молекул.

На рис. 2 показана общая формула молекул наиболее характерных органических соединений, способных в определенном температурном интервале образовывать жидкокристаллическую фазу. В основном это органические соединения ароматического характера с одним или несколькими бензольными группами, содержащими ряд заместителей. Группировки, способствующие образованию мезофазы, часто называют мезогенными группами. Именно удлиненная форма молекул, обеспечивающая анизотропию поляризуемости, определяет тенденцию к расположению молекул преимущественно параллельно друг другу, что

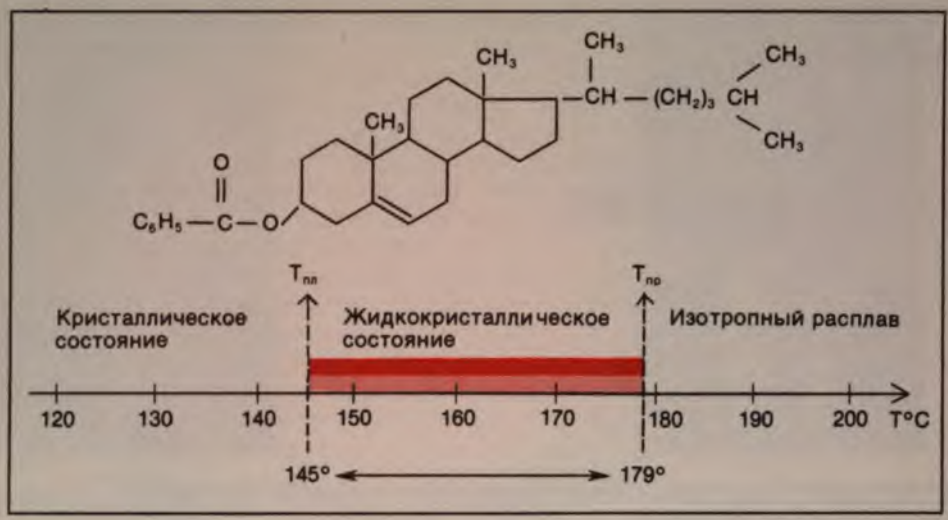
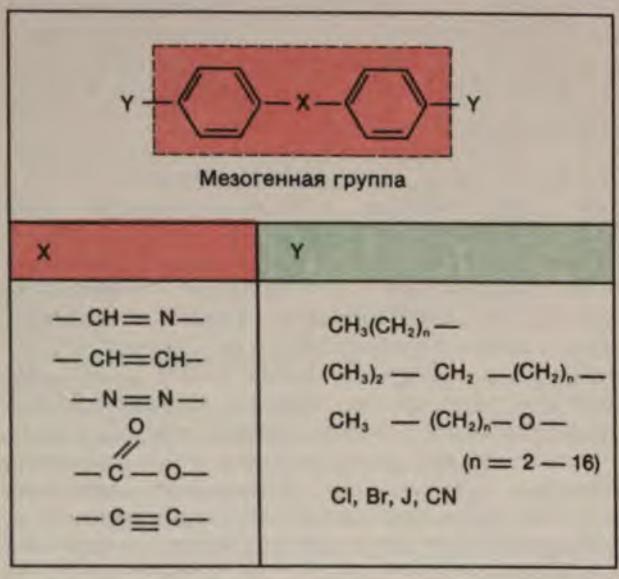
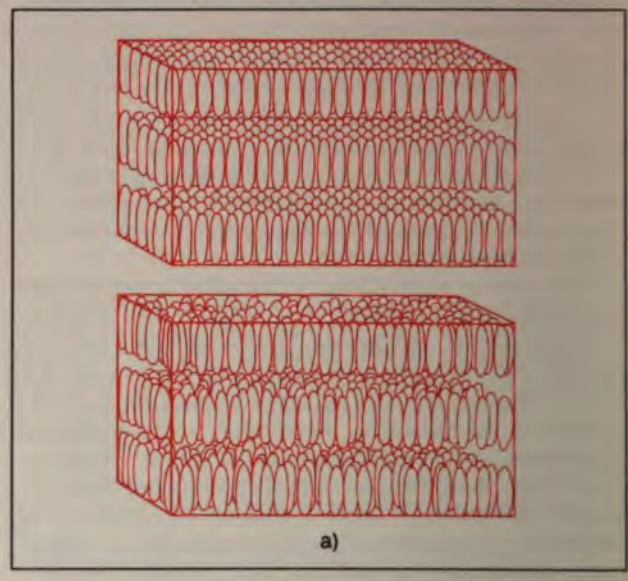


Рис. 1. Первое жидкокристаллическое соединение холестерилбензоат

Рис. 2. Строение молекул некоторых низкомолекулярных жидких кристаллов с бензольными кольцами





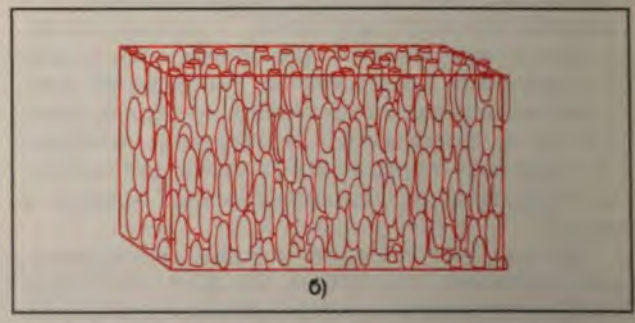


Рис. 3. Три типа термотропных жидких кристаллов: *а* **— смектический с упорядоченным и беспорядочным расположением молекул в слоях;** *б* **— нематический;** *в* **— холестерический**

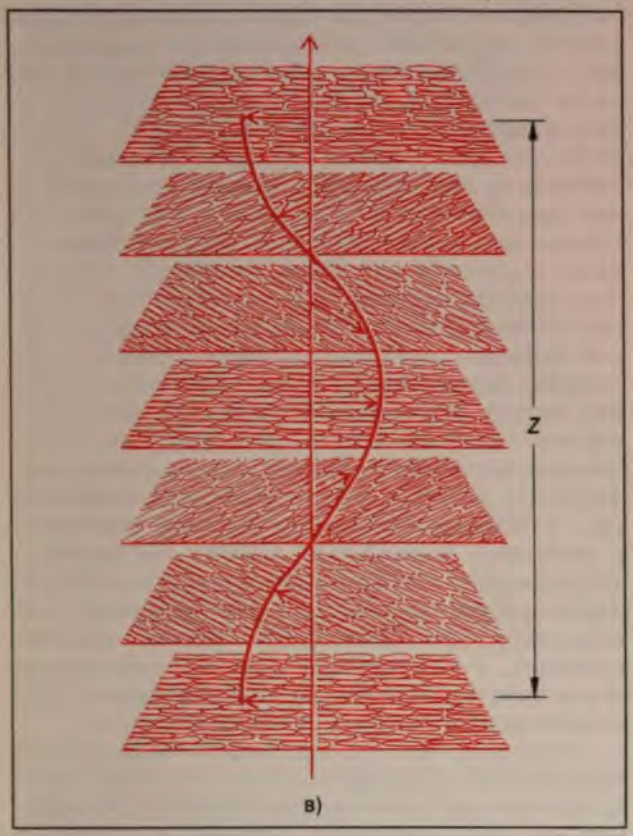
является, пожалуй, основной специфической особенностью низкомолекулярных жидких кристаллов.

В зависимости от характера такого расположения согласно классификации, предложенной еще в 1922 г. Ж. Фриделем (*Friedel*), различают три главных типа жидкокристаллических соединений: смектический, нематический и холестерический (рис. 3).

Смектический тип жидких кристаллов (или, как их сейчас принято называть, смектики) ближе всего к истинно кристаллическим телам. Молекулы жидких кристаллов этого типа располагаются в слоях упорядоченно (рис. 3а, сверху) или неупорядоченно (рис. 3а, внизу), их центры тяжести подвижны в двух измерениях. Смектики являются как бы двухмерными частично расплавленными кристаллами. Длинные оси молекул в каждом слое могут быть направлены как перпендикулярно плоскости слоя, так и под некоторым углом, что обеспечивает возможность образования различных полиморфных модификаций в пределах смектического типа мезофазы.

Нематическая форма характеризуется ориентацией длинных осей молекул вдоль определенного направления при беспорядочном расположении центров тяжести молекул (рис. 3б).

Самый сложный тип упорядоченности — хо-



Указанные типы мезофаз относятся к так называемым термотропным жидким кристаллам, они образуются только при термическом воздействии на вещество (нагревание или охлаждение).

Другая разновидность мезофаз — это лиотропные жидкие кристаллы, образующиеся при растворении ряда соединений (например, солей органических высших кислот), они имеют более сложную структуру, чем термотропные жидкие кристаллы. Известный пример лиотропной жидкокристаллической системы — мыло (додецилсульфат натрия), растворенное в воде. В этом случае структурные единицы — уже не молекулы, а молекулярные комплексы (рис. 4), распределенные в растворителе, они могут иметь смектическую или нематическую структуру ламеллярного, цилиндрического или сферического типа. Лиотропные жидкие кристаллы широко распространены в природе, в частности в живых системах (клеточные мембраны, вирусы и др.).

Несмотря на то что указанные особенности строения жидких кристаллов, обеспечивающие сочетание ориентационного порядка с высокой подвижностью молекул, были известны несколько десятилетий назад и к 40—50-м годам уже был накоплен значительный экспериментальный материал, большинство исследователей считали, что изучение жидкокристаллического состояния интересно в теоретическом отношении.

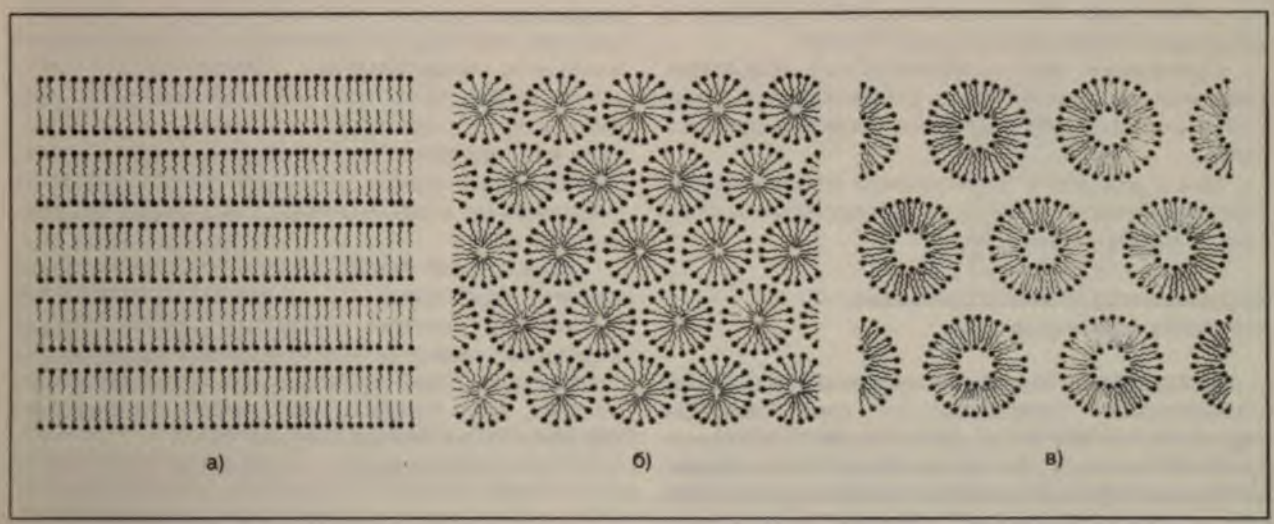


Рис. 4. Некоторые типы лиотропных жидкокристаллических структур: *а* **— ламеллярные;** *б* **— цилиндрические;** *в* **— сферические**

лестерический, образуемый, как правило, производными холестерина. Молекулы собраны в слои, где их расположение подобно нематической фазе, но каждый слой повернут относительно предыдущего на определенный угол, так что в целом реализуется некоторая винтообразная закрученность молекул по спирали с шагом z (рис. 3в).

Положение резко изменилось к началу 60-х годов, когда благодаря уникальным свойствам низкомолекулярных жидкокристаллических соединений (в основном термотропных) их стали широко применять на практике. Способность жидкокристаллических соединений быстро «откликаться» на изменение температуры, механического напряжения, электромагнитного излучения

и даже химического окружения сейчас уже используется для создания термоиндикаторов и специальных устройств записи и отображения информации в электронике и электрооптике. Без преувеличения можно сказать, что ряд важнейших разделов технической физики сегодня уже немыслим без использования жидких кристаллов. Начато использование жидких кристаллов в медицине в качестве термоиндикаторов для диагностики сосудистых заболеваний, воспалительных процессов, опухолевых новообразований.

Найденные пути практического применения жидких кристаллов стимулируют и бурный всплеск научных исследований в этой области.

* * *

Теперь о жидкокристаллических полимерах. Так же, как и в случае низкомолекулярных жидких кристаллов, их можно разделить на две группы: термотропные и лиотропные системы. Термотропное жидкокристаллическое состояние реализуется в расплавах некоторых линейных кристаллических полимеров (полиорганофосфазены, полидиэтилсилоксан и др.), но наиболее ярко оно проявляется в полимерах, содержащих в составе основных цепей или боковых групп макромолекул мезогенные группы. Существование лиотропных систем характерно для растворов жесткоцепных полимеров (полипептиды, полиамиды), а также гелей ряда блок-сополимеров, склонных к микросегрегации разнородных блоков.

Примерами многокомпонентных жидкокристаллических систем могут служить смеси полимеров с низкомолекулярными жидкими кристаллами.

Мы в основном ограничимся рассмотрением термотропных и некоторых лиотропных жидкокристаллических полимеров.

Жидкокристаллическое состояние линейных полимеров

Анизотропия низкомолекулярных жидкокристаллических соединений — это следствие определенной взаимной ориентации анизодиаметричных молекул, располагающихся независимо от типа мезофазы преимущественно параллельно друг другу в отдельных областях, называемых доменами, или роями, и состоящих, по данным различных авторов, из 10^4—10^6 молекул. Казалось бы, что само наличие длинных цепных высокоасимметричных макромолекул должно предопределять реализацию жидкокристаллического состояния для любых полимерных веществ.

Впервые на эту возможность обратили внимание академик В. А. Каргин и Г. Л. Слонимский в 1941 г. Они считали, что в высокомолекулярных соединениях в результате взаимодействия больших молекул появляется определенная ориентировка в некотором общем направлении при полном отсутствии упорядоченного расположения отдельных звеньев. Поэтому в большой области температур можно ожидать существования жидкокристаллического состояния. Теперь, более чем 40 лет спустя, это предположение действительно подтвердилось, однако для реализации жидкокристаллического состояния требуется соблюдение определенных условий. Макромолекулы полимеров обладают гибкостью, называемой равновесной (или термодинамической), которая определяется способностью полимерных цепей изменять свою конформацию (форму) в результате внутримолекулярного теплового движения звеньев. В зависимости от равновесной гибкости все полимеры условно разделяют на гибкоцепные, жесткоцепные и полужесткоцепные, конформации которых схематически изображены на рис. 5. Макромолекулы гибкоцепных полимеров в расплавах и растворах имеют, как правило, конформацию статистически свернутых клубков, жесткоцепные полимеры характеризуются макромолекулами, имеющими форму жестких стержней, а полужесткоцепные макромолекулы могут быть представлены в виде последовательно соединенных гибких и жестких фрагментов.

Оказалось, что у подавляющего большинства гибкоцепных полимеров размер областей спонтанной упорядоченности фрагментов цепей слишком мал для проявления анизотропии. Одно из важнейших условий реализации жидкокристаллического состояния в полимерах — повышенная жесткость макромолекул. Необходимая жесткость может быть как термодинамически равновесной, т. е. присущей собственно макромолекуле данного химического строения, так и «наведенной», вызванной, например, воздействием на гибкоцепные макромолекулы внешнего механического поля.

Осуществляя такое силовое воздействие (растяжение, давление) на расплавы гибкоцепных полимеров, можно заставить молекулярные клубки так развернуться, что часть макромолекул будет иметь более протяженные прямолинейные участки, что в определенной степени равносильно увеличению их жесткости (рис. 5а).

У полужесткоцепных полимеров (рис. 5б) в

СТО ЛЕТ НАЗАД

США. В Америке начала в последнее время входить в употребление мебель из стекла, отлитого под сильным давлением. Мебель эта, как и нужно было ожидать, очень изящна и отличается большой прочностью. Однако последнее обстоятельство еще не вполне выяснено, так как известно, что закаленное стекло по истечении некоторого времени, вдруг, без всякой видимой причины разлетается в мелкие дребезги.

«Нива»

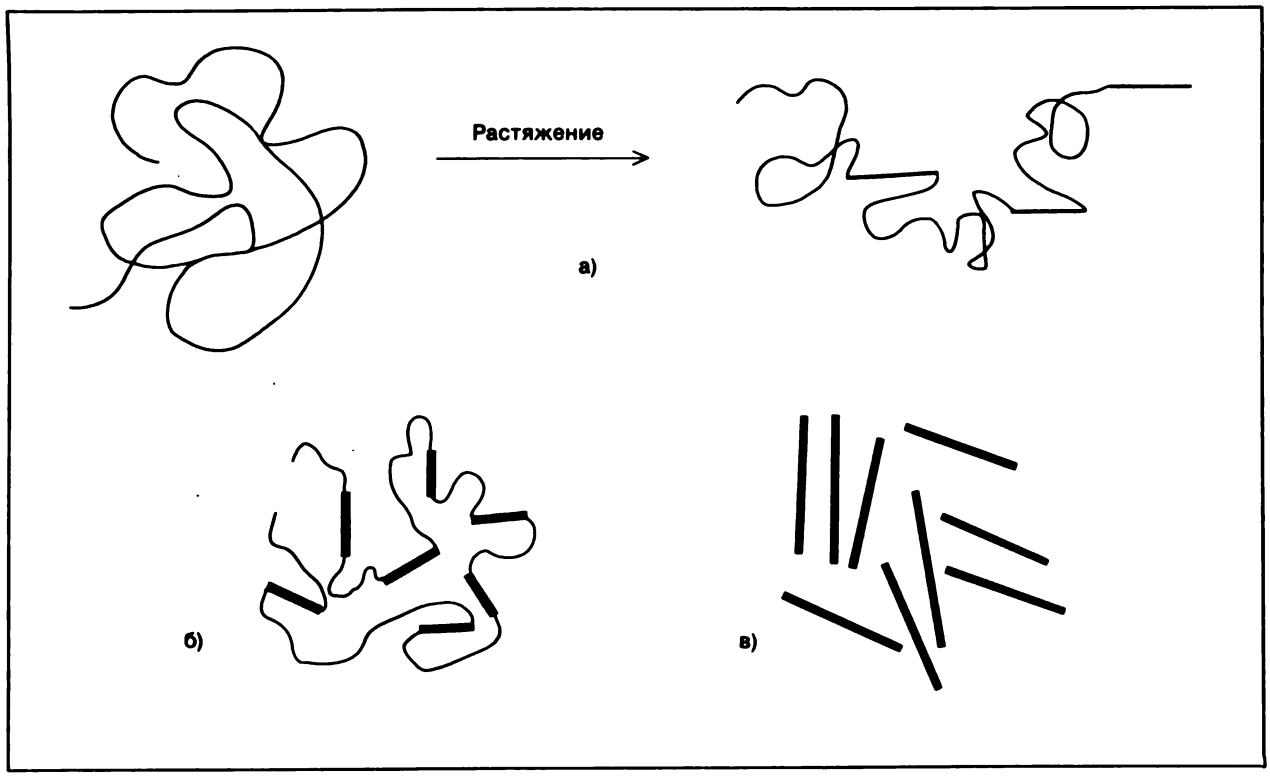


Рис. 5. Конформация макромолекулы гибкоцепного полимера и ее изменение в процессе растяжения (*а*); конформация макромолекул полужесткоцепного (*б*) и жесткоцепного полимеров (*в*)

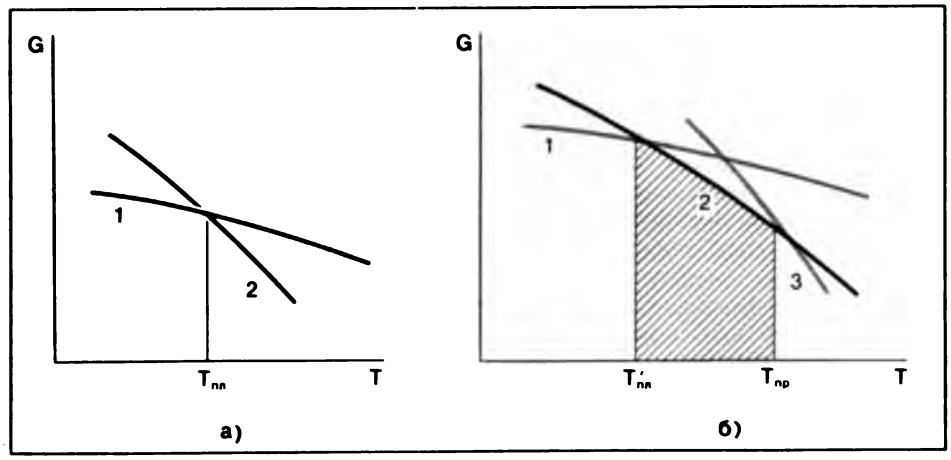


Рис. 6. Зависимость свободной энергии полимера от температуры: *а* — невозмущенная система: 1 — кристаллическая фаза, 2 — изотропный расплав; *б* — растягиваемая система: 1 — кристаллическая фаза, 2 — жидкокристаллическая фаза, 3 — изотропный расплав

расплаве возможно образование анизотропной жидкокристаллической фазы, начиная с определенной степени асимметрии жестких фрагментов (при отношении их длины к поперечнику около 5 — 7). Что касается жесткоцепных полимеров (рис. 5в), у которых, казалось бы, должна быть максимальной склонность к образованию жидкокристаллической фазы, то близость их температур плавления и химического распада в значительной степени ограничивает или полностью исключает эту возможность. Однако такие полимеры проявляют жидкокристаллические свойства при растворении в соответствующих растворителях, образуя лиотропные жидкие кристаллы, свойства которых будут описаны ниже.

Появление области, соответствующей жидкокристаллической фазе, видно на рис. 6, где показано изменение свободной энергии полимера от температуры. В отсутствие силового поля полимер при температуре $T_{пл}$ переходит из кристаллического состояния в изотропный расплав. Воздействие поля на расплав полимера ведет к распрямлению молекул (что эквивалентно уменьшению их гибкости) и стимулирует образование новой жидкокристаллической фазы. $T'_{пл}$ соответствует переходу полимера из кристаллического в жидкокристаллическое состояние, а $T_{пр}$ — переходу его из жидкокристаллического в изотропное состояние. Диаграммы на рис. 6 подтверждают теоретическую возможность об-

разования «наведенной» жидкокристаллической фазы, хотя экспериментальное доказательство ее существования пока еще в значительной степени затруднено. Это обусловлено сложностью проведения прецизионных структурных исследований механически напряженных ориентированных расплавов полимеров в чрезвычайном узком температурном интервале существования мезофазы.

Изучение ориентированных расплавов полимеров, а также процессов, предшествующих плавлению, представляет, как уже говорилось, не только значительный научный интерес с точки зрения физики конденсированного состояния вещества, но имеет существенное практическое значение. Разворачивание макромолекулярных клубков (рис. 5а) индуцирует образование жидкокристаллической фазы, построенной фактически из макромолекул, имеющих конформации цепей, близкие к показанным на рис. 5б. Упорядоченность (или ориентационный порядок) такого расплава значительно превышает «жидкостной» порядок изотропного расплава, состоящего из макромолекул, имеющих свернутые конформации. Использование предварительно упорядоченных расплавов создает наиболее благоприятные условия для последующей кристаллизации полимера из ориентированного состояния и получения волокон и пленок с повышенными физико-механическими свойствами, которые не могут быть достигнуты любыми другими приемами. Этот метод, получивший название ориентационной кристаллизации, впервые разработан в нашей стране. Он позволяет получать упрочненные волокна и пленки из гибкоцепных полимеров, например из полиэтилена.

Это наглядно показывает влияние предварительной жидкокристаллической упорядоченности макромолекул, реализуемой в расплавах, на физико-механические свойства полимеров.

В последние годы к изучению процессов ориентационной кристаллизации привлечено внимание ученых различных стран мира. Найти температурный интервал существования мезофазы в расплавах полимеров, создать условия, способствующие максимальному проявлению жидкокристаллического порядка (за счет механического воздействия), — вот пути своеобразной структурной модификации полимеров, направленные на создание новых материалов с требуемым комплексом свойств.

Лиотропные жидкокристаллические системы

Образование лиотропных жидкокристаллических систем характерно для растворов ряда природных (белки, рибонуклеиновая кислота) и синтетических (полипептиды, ароматические полиамиды) жесткоцепных полимеров, когда в небольшом

Рис. 7. Диаграмма состояния раствора жесткоцепного полимера (по П. Флори)

Рис. 8. Спиралевидная структура полипептида и изображение упаковки спиральных молекул в форме жестких стержней

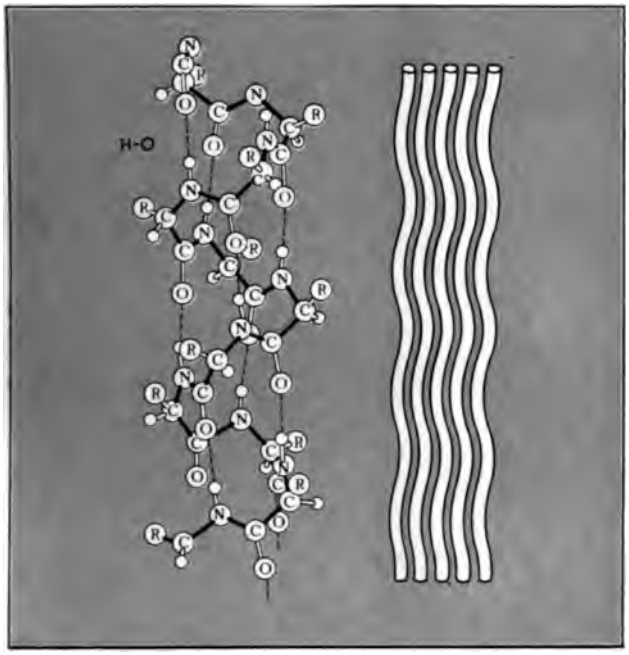
Рис. 9. Схема ориентации макромолекул на выходе из фильеры в процессе формования волокон из изотропного (*а*) и анизотропного (*б*) растворов. Стрелка показывает направление вытяжки волокна.

интервале температур и концентраций наблюдается спонтанное расслоение изотропного раствора полимера на изотропную и анизотропную (жидкокристаллическую) фазы. Причина образования жидкокристаллической фазы — высокая степень асимметрии макромолекул, не позволяющая упаковать их в беспорядке в ограниченном объеме (по чисто геометрическим соображениям). В соответствии с законами статистической термодинамики, начиная с некоторой критической концентрации, предпочтительной становится регулярная укладка жестких (или полужесткоцепных) макромолекул. Иными словами, при критической концентрации происходит фазовый переход из изотропного в жидкокристаллическое состояние.

Фундаментальные исследования термодинамики лиотропных полимерных систем, проведенные в США П. Флори (*Flory*) и в СССР С. П. Папковым, показали, что фазовый переход в жидкокристаллическое состояние осуществляется через образование смеси изотропной и анизотропной фаз. Теоретическая диаграмма состояния, представленная на рис. 7 в несколько упрощенном виде, имеет своеобразный «коридор», соответствующий сосуществованию изотропной и анизотропной фаз. В этом узком коридоре различие в концентрации полимера для обеих фаз весьма невелико, в то время как в широкой области под кривой сосуществуют практически чистый растворитель и анизотропная фаза с малым содержанием растворителя. Выше правой части кривой возможна только анизотропная жидкокристаллическая фаза.

Использование подобных диаграмм дает возможность рассчитывать области существования жидкокристаллической и изотропной фаз для конкретных внешних (концентрация, температура) и молекулярных (молекулярная масса полимера, гибкость макромолекул) параметров систем полимер — растворитель.

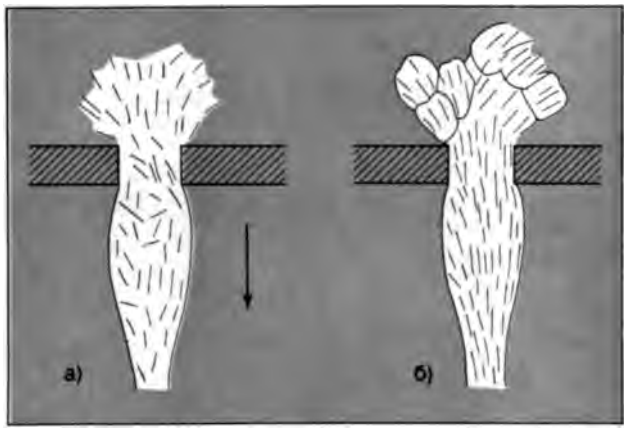
Первые экспериментальные [illegible] по лиотропным полимерным [illegible] лам были проведены на



тидах в 1950—1955 гг. Макромолекулы этих полимеров, будучи достаточно гибкими, в определенных растворителях приобретают жесткость из-за образования α-спиралей, стабилизированных водородными связями (рис. 8). Жидкокристаллическая фаза формируется за счет агрегации таких стержневидных молекул с образованием нематической или холестерической структуры*. Позднее жидкокристаллические фазы были обнаружены также в растворах дезоксирибонуклеиновой кислоты, некоторых вирусов, в растворах ряда белков.

Вероятно, существование жидкокристаллических полимерных систем — неотъемлемое свойство живой природы. Однако несмотря на то что изучение подобного рода систем представляет исключительный интерес с точки зрения физики и химии биологических процессов (транспорта и передачи энергии в биосредах, направления ферментативных реакций), а также закономерностей организации живой материи, исследования в этом направлении пока еще не получили активного развития.

Что же касается синтетических полимеров, то значительным стимулом для их изучения послужило появление нового класса жесткоцепных полимеров: вначале паразамещенных ароматических полиамидов, а затем полиэфиров и полиамидоэфиров. Макромолекулы таких полимеров содержат достаточно жесткие фрагменты (в основном бензольные и циклогексановые кольца), что в сочетании с пептидными — CO — NH — связями придает им повышенную термостойкость. Поскольку эти полимеры имеют высокие температуры плавления, близкие, как правило, к температуре их химического распада, то переработка таких полимеров возможна только в растворах, где и была обнаружена жидкокристаллическая фаза. Это и заставило по-новому подойти к проблеме получения высокопрочных волокон.



На рис. 9 показаны процессы, наблюдаемые при течении изотропных и анизотропных растворов жесткоцепных полимеров через канал фильеры. В жидкокристаллических доменах достигается близкая к идеальной упаковка макромолекул, свидетельствующая о существовании уже в растворе своеобразных структурных элементов ориентированного волокна. Это приводит к резкому повышению прочностных характеристик таких волокон по сравнению с волокнами, полученными из изотропных растворов. На этом и основано производство широкого круга ароматических полиамидов типа «Кевлар», разработанного недавно фирмой «Дюпон». Некоторые характеристики одного из этих полиамидов, используемого в качестве армирующего материала, в сравнении с другими широко применяемыми армирующими волокнами различной природы приведены в следующей таблице.

Физико-механические свойства армирующих волокнистых материалов

Материал	Плотность, кг/м³	Прочность на разрыв, кН/мм²	Модуль растяжения, кН/мм²	Удельная прочность, Н/текс
Сталь	7800	2,7	200	0,35
Стекло	2500	2,0	60	0,80
Найлон	1140	0,8	4	0,70
«Кевлар-49» (полифенилен-терефтальамид)	1450	2,5	58	1,75

* Образование холестерической структуры определяется в данном случае асимметрическими атомами углерода в макромолекулах полипептидов, что ведет к «закручиванию» нематической фазы.

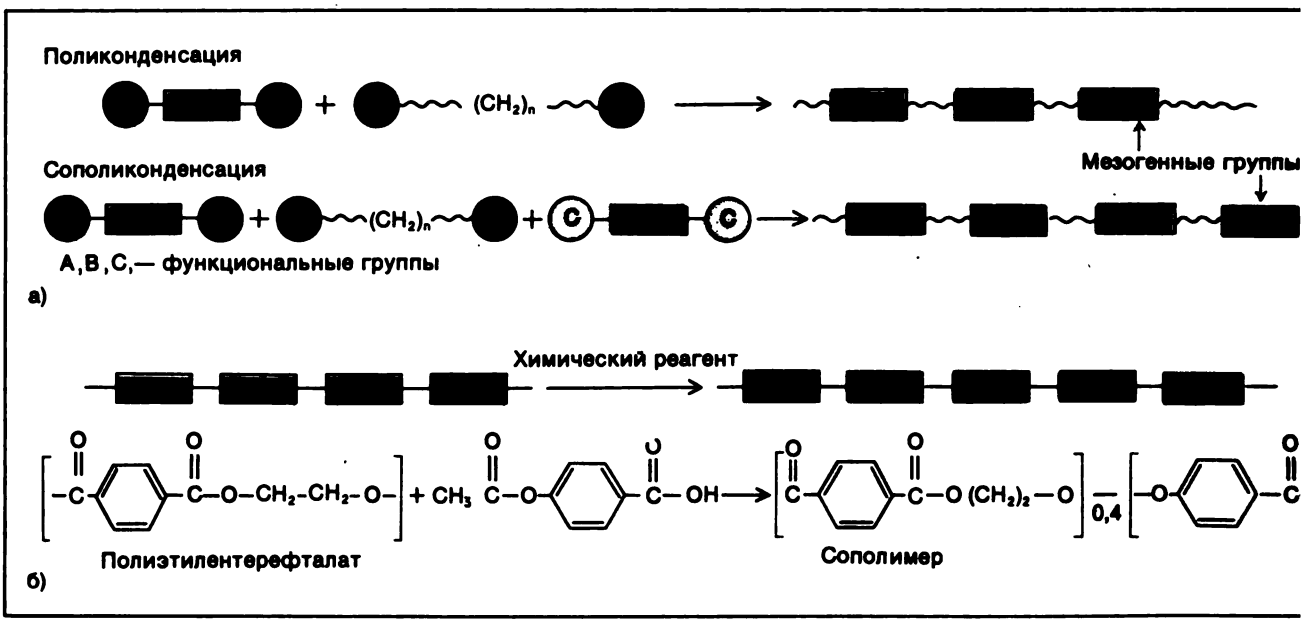


Рис. 10. Получение жидкокристаллических полимеров с мезогенными группами в основной цепи (*а*) и модификация поликонденсационных полимеров с помощью химических реагентов (*б*)

По удельным характеристикам волокно «Кевлар» превосходит не только органические, но стальные и стеклянные волокна. Аналогичными свойствами обладают и соответствующие волокна, производимые в СССР. В настоящее время на основе рассмотренных выше теоретических представлений о фазовых равновесиях в полимерных жидкокристаллических системах создано производство высокопрочных термостойких волокон.

Термотропные жидкокристаллические полимеры с мезогенными группами

Из сказанного выше ясно, что обнаружение жидкокристаллического состояния в расплавах и растворах полимеров явилось закономерным результатом изучения структуры и свойств таких систем. Исследователи не ставили себе цель найти жидкокристаллическую фазу, но коль скоро она была обнаружена, дальнейшие работы сосредоточились на поиске путей направленного синтеза полимеров, обладающих жидкокристаллическими свойствами.

Основной подход к получению термотропных жидкокристаллических полимеров заключается в химическом «связывании» полимерных цепей с молекулами низкомолекулярных жидких кристаллов (или, точнее, с мезогенными группами), которые могут быть введены как в состав основных цепей, так и боковых групп макромолекул (рис. 10, 11).

Полимеры с мезогенными группами в основных цепях получают путем поликонденсации или сополиконденсации различных бифункциональных производных, состоящих, как правило, из гибких и жестких (мезогенных) фрагментов (рис. 10а). Другой путь — это модификация основных цепей широко распространенных поликонденсационных полимеров за счет химических реакций и появления структурной нерегулярности (неоднородности) в макромолекулах. Типичный пример такой реакции — взаимодействие полиэтилентерефталата (лавсана) с ароматическими кислотами, в результате образуются сополимеры, содержащие разнородные по химическому составу звенья.

Такие полимеры практически являются своеобразным гибридом гибкоцепных и жесткоцепных полимеров, для которых как раз и характерно образование жидкокристаллической фазы, о чем мы говорили выше. Эти полужесткоцепные полимеры образуют термотропную жидкокристаллическую фазу, из которой можно получать волокна и пленки с повышенными физико-механическими свойствами.

Несмотря на то что число таких синтезированных термотропных жидкокристаллических полимеров исчисляется уже несколькими десятками, их высокие температуры плавления и прояснения (обеспечивающие высокую термостойкость) затрудняют изучение физико-химического поведения полимеров в мезофазе.

Сегодня мы располагаем значительно большей информацией о свойствах жидкокристаллических полимеров с боковыми мезогенными группами, на основе которых, с одной стороны, могут быть

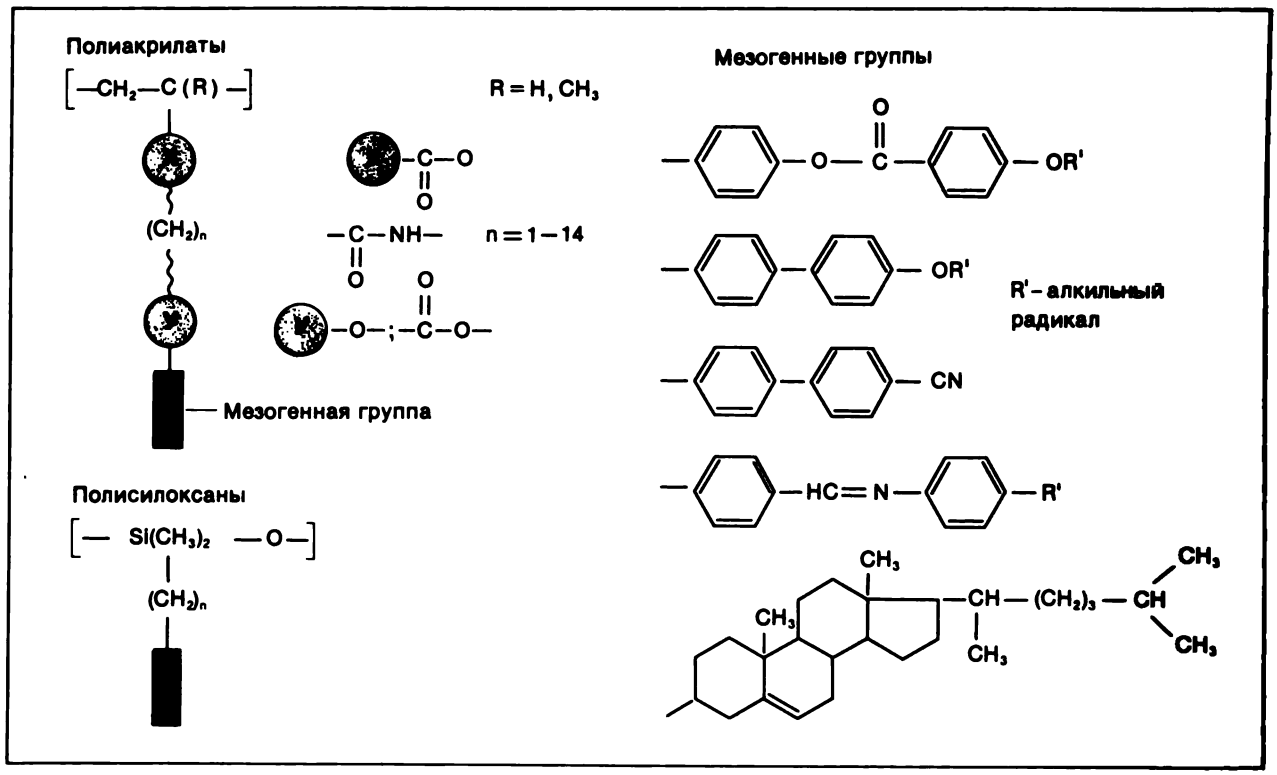


Рис. 13. Некоторые типы жидкокристаллических полимеров с боковыми мезогенными группами

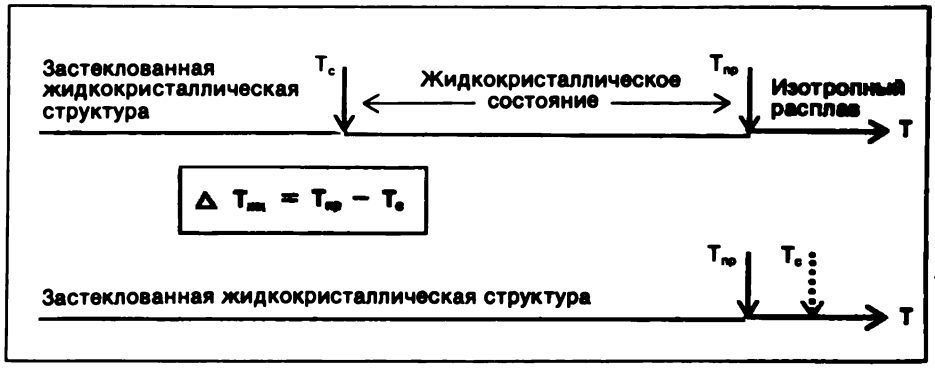
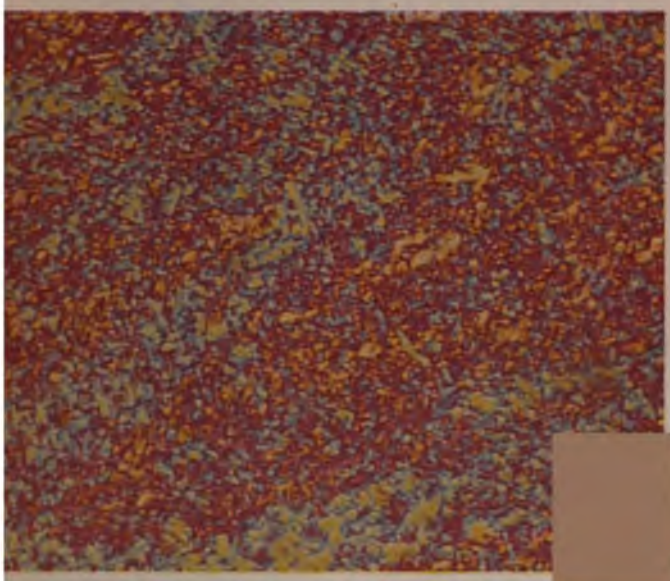


Рис. 14. Соотношение между температурами стеклования и просветления, показывающее возможность существования застеклованной жидкокристаллической структуры для термотропных полимеров

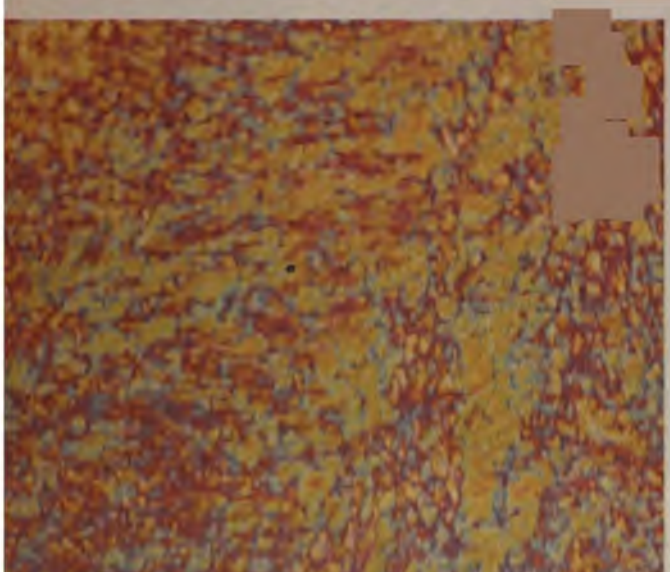
Важно подчеркнуть, что для реализации жидкокристаллического состояния весьма существенна длина боковой цепи, соединяющей мезогенную группу с основной цепью. Наиболее удобным и перспективным путем синтеза жидкокристаллических полимеров оказался подход, предложенный в 1974 г. учеными Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова (В. П. Шибаев, Н. А. Платэ, Я. С.Фрейдзон). В этом методе использовали так называемые гребнеобразные полимеры (рис. 12а). Их макромолекулы содержат как бы два типа структурных единиц — основные и боковые, как правило, алифатические цепи, поведение которых взаимосвязано, так как они соединены химическими связями. Гребнеобразные полимеры оказались весьма удобными «матрицами» для конструирования на их основе жидкокристаллических полимеров путем введения мезогенных групп в состав боковых ответвлений (рис. 12 б). «Удаление» мезогенных групп от основной цепи с помощью цепочки метиленовых звеньев обеспечивает, с одной стороны, их достаточно высокую автономию относительно основной цепи полимера, а, с другой стороны, химическое «связывание» мезогенных групп с основной цепью в пределах одной макромолекулы способствует их кооперативному взаимодействию.

К настоящему времени синтезировано и исследовано уже несколько сотен жидкокристаллических полимеров с различными боковыми мезогенными группами. Наиболее успешно это направление исследований развивается в СССР, США, ФРГ, Венгрии, Италии.

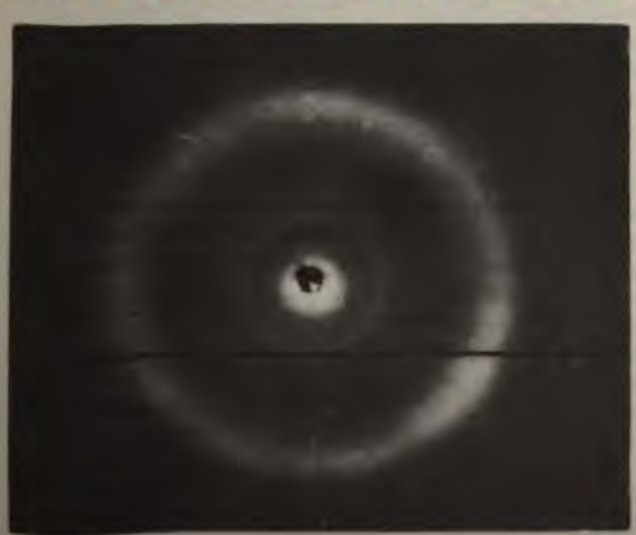
Среди новых жидкокристаллических полимеров особое место занимают полимеры акрило-



а)



б)



в)

Рис. 15. Оптические микрофотографии в стеклообразном (*а*) и вязкотекучем (*б*) состоянии, рентгенограмма (*в*) и кривая дифференциально-термического анализа (*г*) жидкокристаллического полимера

вого и метакрилового ряда, содержащие различные типы широко распространенных мезогенных фрагментов низкомолекулярных жидких кристаллов (основания Шиффа, цианбифенильные группы, эфиры алкоксибензойных кислот, эфиры холестерина и др.). В последнее время осуществлен синтез большого числа сополимеров мезогенных мономеров с алкилакрилатами и метакрилатами, получены элементоорганические соединения — жидкокристаллические линейные и сшитые полисилоксаны (рис. 13).

Почти все жидкокристаллические полимеры этого типа относятся к некристаллизующимся полимерам, т. е. соединениям, не образующим кристаллическую фазу. Поэтому нижняя температурная граница их жидкокристаллического состояния есть температура стеклования (T_c, а не температура плавления (как в кристаллизующихся полимерах); выше этой точки проявляется так называемая сегментальная подвижность, вызванная мобильностью отдельных участков (сегментов) макромолекул. Как правило, эта температура ниже температуры прояснения, и в интервале T_c — $T_{пр}$ полимер в виде эластического тела или вязкого расплава находится в жидкокристаллическом состоянии (рис. 14).

Следовательно, в отличие от низкомолекулярных жидких кристаллов, которые в подавляющем большинстве кристаллизуются при охлаждении, полимеры с мезогенными группами при охлаждении могут переходить в стеклообразное (твердое) состояние, сохраняя жидкокристаллическую структуру, соответствующую мезофазе. Если же $T_c > T_{пр}$, то во всей области температур полимер практически находится в застеклованном («замороженном») состоянии, имея жидкокристаллическую структуру. В этом и заключается одна из интереснейших особенностей жидкокристаллических полимеров. Используя анизотропию «теку-

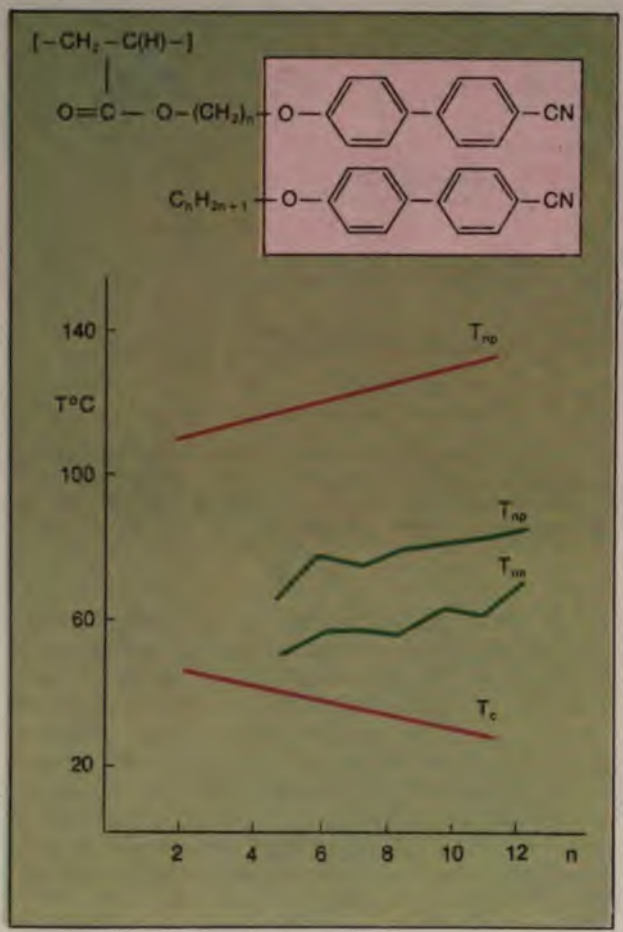


Рис. 16. Сравнение температурного интервала жидкокристаллической фазы низкомолекулярных и полимерных (красные кривые) жидких кристаллов с идентичными мезогенными группами

чей» жидкокристаллической фазы и охлаждая полимер ниже T_c, можно застекловать и зафиксировать жидкокристаллическую структуру в твердом теле, сохраняя присущую ей анизотропию механических, оптических, и других свойств.

Существование анизотропной жидкокристаллической структуры в вязкотекучем и стеклообразном состояниях иллюстрируют микрофотографии одного из жидкокристаллических холестеринсодержащих полимеров (рис. 15а, б). Несмотря на, казалось бы, типичный «кристаллический» характер наблюдаемых оптических структур, рентгенограммы полимеров такого рода характеризуются лишь диффузным рассеянием рентгеновских лучей (рис. 15,в). Тем не менее переход из жидкокристаллического в изотропное состояние полностью обратим и сопровождается небольшим, но достаточно четко фиксируемым тепловым эндотермическим эффектом (0,5 — 2 кал/г) (рис. 15г), что однозначно свидетельствует об образовании термодинамически стабильной жидкокристаллической фазы.

Существенное преимущество жидкокристаллических полимеров по сравнению с низкомолекулярными жидкими кристаллами состоит в расширении температурного интервала существования мезофазы. Это видно при сравнении температур переходов низкомолекулярных и полимерных жидкокристаллических соединений, имеющих идентичные мезогенные группы (рис. 16).

Еще одна важная особенность жидкокристаллических полимеров определяется возможностью варьирования температурного интервала, а иногда и типа мезофазы путем проведения сополимеризации одного и того же мезогенного мономера с немезогенными сомономерами. Используя, например, в качестве сомономеров алкилакрилаты с разной длиной алкильной группы и варьируя соотношение компонентов, можно существенно влиять на температуры переходов жидкокристаллической фазы.

Значительная структурная аналогия между низкомолекулярными и полимерными жидкими кристаллами прослеживается в структурном плане.

Рис. 17. Модель макромолекулы полимерного жидкого кристалла. Ниже — упаковка макромолекул в мезофазе

Рис. 18. Электронно-микроскопическая фотография пленки смектического полимера

Рис. 19. Оптические текстуры полимерного смектика и нематика

Мезоморфные полимеры также образуют смектические, нематические и холестерические типы структур. Однако, по-видимому, в силу особенностей их молекулярного строения, когда все боковые мезогенные группы соединены в единый структурно организованный основной цепью ансамбль, большинство жидкокристаллических полимеров склонны все-таки к образованию структур смектического типа.

Как правило, боковые мезогенные группы располагаются в смектических слоях параллельно или антипараллельно друг другу, так что основные цепи лежат перпендикулярно мезогенным фрагментам (рис. 17). Существование слоев в пленках смектических полимеров в виде четко ограненных ламеллей (пластин) хорошо видно на микрофотографии, полученной с помощью сканирующего электронного микроскопа (рис. 18).

Число описанных смектических фаз, наблюдаемых в полимерах, пока ограничивается двумятремя модификациями, в то время как для низкомолекулярных соединений их насчитывается уже

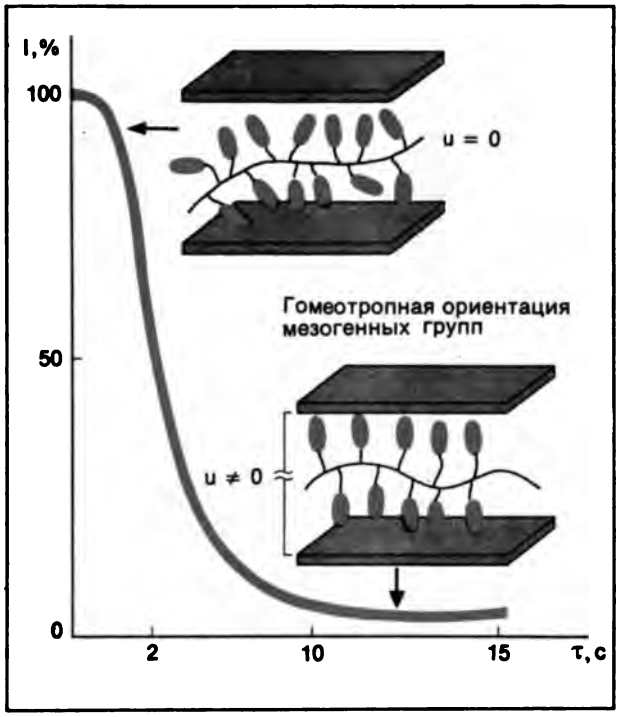


Рис. 20. Ориентация жидкокристаллического полимера в электрическом поле

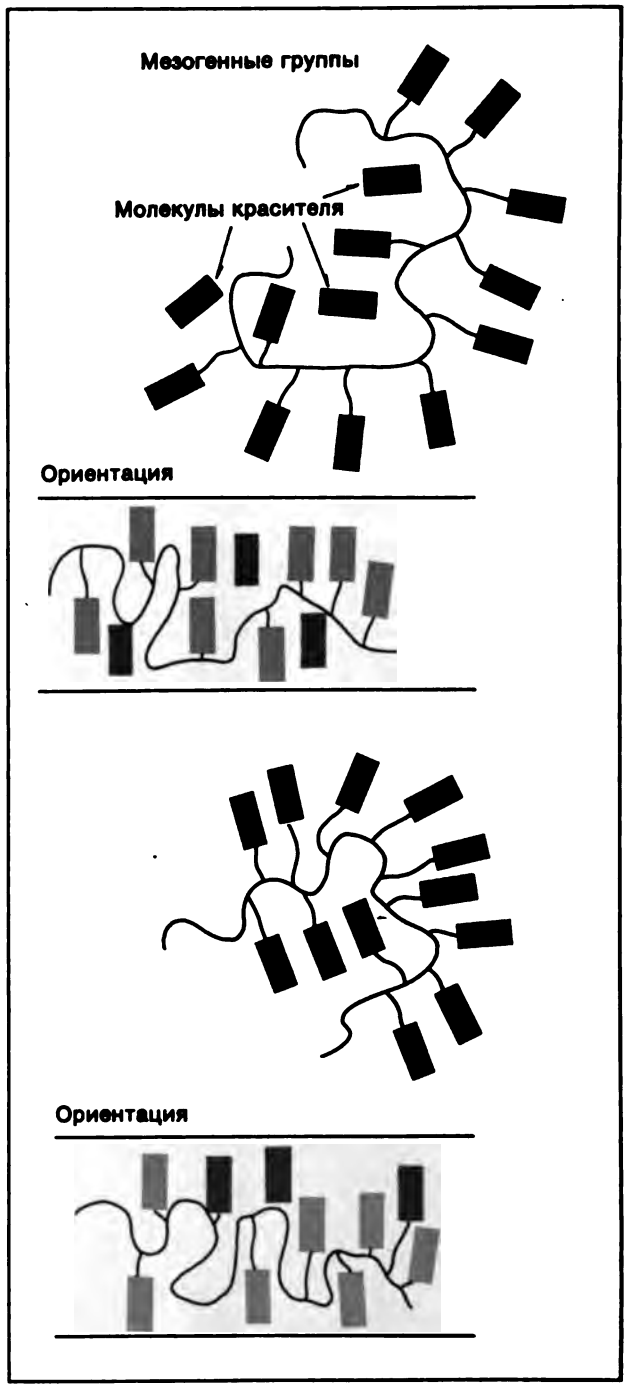


Рис. 21. Эффекты «гость — хозяин» в жидкокристаллических полимерах

около десятка. В то же время ряд авторов отмечает наличие у полимеров особого типа упаковок, не укладывающихся в известную классификацию низкомолекулярных жидких кристаллов. Не вызывает сомнения необходимость шире применять при изучении мезоморфных полимеров методики исследования низкомолекулярных жидких кристаллов, такие, как построение радиальной функции распределения, цилиндрической функции межатомных расстояний, а также метода оптического моделирования.

Одна из наиболее типичных оптических текстур полимерных смектиков, так называемая веерная текстура, показана на рис. 19.

Иной тип оптических текстур наблюдается у жидкокристаллических полимеров нематического типа. Основной признак текстуры нематиков — темные нити, представляющие собой так называемые дисклинации, т. е. линии разрыва однородной ориентации мезогенных групп с переходом к ориентации с иным наклоном.

Изучение закономерностей формирования и структуры нематической фазы представляет значительный интерес, поскольку оказалось, что именно этот тип структурной упорядоченности в полимерах легко поддается управлению внешними полями. Если нематический полимер обладает положительной анизотропией диэлектрической проницаемости, то под действием электрического (или магнитного) поля в жидкокристаллической фазе происходит ориентация мезогенных групп в направлении поля (гомеотропная ориентация) (рис. 20). Наблюдая за кинетикой процесса ориентации мезогенных групп по изменению интенсивности поляризованного света J, прошедшего через полимерную пленку (см. график рис. 20), можно видеть, как мутный образец постепенно превращается в прозрачную пленку, структура которой может быть заморожена при

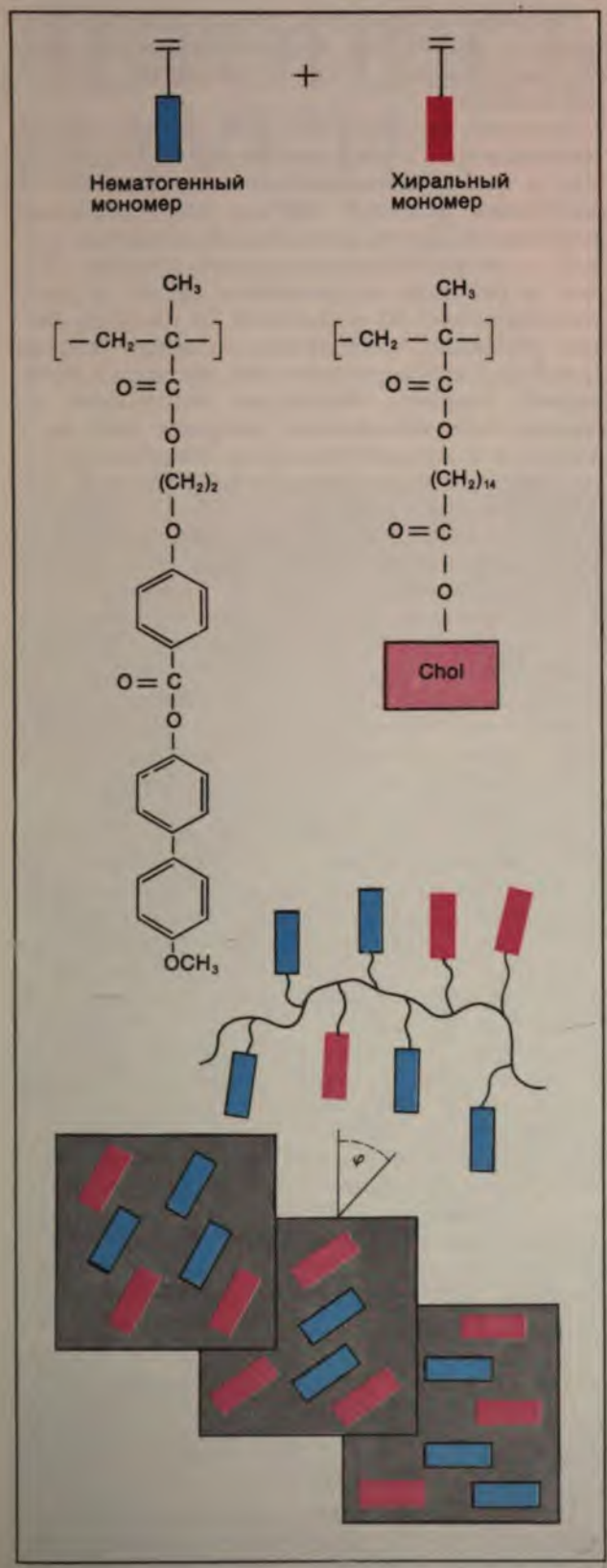


Рис. 22. Принцип получения и схема упаковки мезогенных групп в холестерических сополимерах

Рис. 23. Влияние теплового воздействия на изменение цвета полимерной пленки, содержащей холестерический жидкий кристалл

охлаждении полимера и отключении электрического поля. Здесь используется основная особенность полимерного жидкого кристалла — способность сохранять в твердом теле анизотропию свойств, присущую жидкокристаллической фазе. Такие высокоориентированные пленки могут представлять интерес для записи и хранения информации, работая по принципу: ориентация в поле — разориентация при нагревании (переход жидкий кристалл — изотропный расплав). Хотя по быстродействию такие полимеры уступают обычным жидким кристаллам, но по стабильности и компактности пленок, а также возможности придания им любой сложной геометрии могут обеспечить их весьма ценные преимущества.

Несомненный интерес представляет использование полимерных нематиков и смектиков для создания на их основе дихроичных поляроидов, цветных индикаторов. Это подтверждают исследования, проведенные в последние годы в СССР авторами совместно с Р. В. Тальрозе, а также в ФРГ (Х. Финкельманн, Х. Рехаге). Эксперименты по изучению так называемых эффектов «гость—хозяин» (т. е. краситель — жидкокристаллический полимер) в нематических полимерах с помощью химически связанных с полимером и механически введенных молекул дихроичных красителей наглядно демонстрируют возможность получения управляемых цветовых индикаторов (рис. 21). Мезогенные группы полимера, поворачиваясь под действием внешнего силового поля, заставляют ориентироваться молекулы красителя, вызывая тем самым появление или изменение окраски в зависимости от типа красителя, а также параметров силового поля (частота, напряженность).

Возможность ориентации жидкокристаллических полимеров в электрическом, а также магнит-

ном полях открывает широкие перспективы как для исследования особенностей строения жидкокристаллических полимеров, так и для изучения механизма процессов ориентации и структурных перестроек низкомолекулярных жидких кристаллов, где эти явления протекают исключительно быстро и в некоторых случаях с трудом поддаются регистрации. С другой стороны, это метод управления структурой полимера с целью создания новых материалов, обладающих заданными оптическими характеристиками. Особый интерес вызывают полимеры холестерического типа.

Своеобразная молекулярная архитектура холестерических жидких кристаллов (рис. 3в), обусловленная спиральной закрученностью молекул, может быть легко изменена под влиянием небольших возмущающих факторов, например механического или электрического поля, температуры. Такое воздействие мгновенно вызывает изменение шага спирали холестерика и как следствие — изменение длины волны отраженного им света, т. е. отмечается изменение цвета. Эффект избирательного отражения света с определенной длиной волны низкомолекулярными холестерическими жидкими кристаллами широко применяют.

Попытки получения полимерных холестерических жидких кристаллов путем гомополимеризации холестеринсодержащих мономеров долгое время не давали положительных результатов.

Успех в этом направлении был достигнут путем сополимеризации оптически активных и нематогенных мономеров.

На рис. 22 показаны два типа холестерических сополимеров, синтезированные и исследованные совместно советскими и западногерманскими учеными (авторы данной статьи и их сотрудники совместно с Г. Рингсдорфом и Х. Финкельманом). Пленки этих сополимеров отражают свет как в инфракрасной, так и в видимой областях спектра. Варьируя состав сополимера, можно изменять величину шага спирали (угол φ) и тем самым длину волны селективного отражения света, а значит, и цвет таких пленок.

Макромолекулярная природа этих полимеров определяет интересную особенность, связанную с возможностью получения монохромных пленок. Дело в том, что величина шага спирали у полимерных жидких кристаллов меняется лишь выше температуры стеклования, оставаясь практически неизменной ниже этой температуры, где холестерическая фаза фактически заморожена в стеклообразной матрице.

С другой стороны, такие полимерные пленки обладают необычными поляризационными свойствами холестерика, т. е. способностью по-разному поглощать право- и левоциркулярнополяризованный свет. Использование полученных пленок в качестве циркулярно-дихроичных оптических фильтров могло бы представить значительный научный и практический интерес.

Еще одно направление, непосредственно связанное с полимерами и холестерическими жидкими кристаллами, — это получение их композиций (смесей).

Известно, что полимеры часто не очень хорошо совмещаются с низкомолекулярными соединениями, и требуется весьма кропотливая работа по получению рецептур хорошо совмещающихся композиций. Другая проблема как следствие первой — это нестабильность смесей, которые «живут» и работают ограниченное время, а далее опять-таки идет их расслоение. И наконец, следует учитывать, что низкомолекулярный жидкий кристалл, например холестерик, находясь в полимерной матрице, безусловно испытывает ее определенное воздействие, связанное хотя бы с наличием поверхностей раздела. Это резко меняет его обычные текстурные характеристики и, как правило, ухудшает их.

Один выход из такой сложной ситуации состоит в получении микрокапсулированных жидких кристаллов холестерического типа, распределенных в полимерном слое. Рис. 23 демонстрирует влияние тепла руки человека на изменение цвета холестерической пленки. Такие пленки на основе поливинилового спирта обладают неплохими механическими характеристиками, однако имеют пониженную чувствительность и контрастность по сравнению с отдельно взятыми низкомолекулярными холестериками.

Второй способ принципиально иной. Проводят синтез полимера в присутствии низкомолекулярного жидкого кристалла и дополнительно сшивают полимер, тем самым как бы «замуровывая» холестерик в полимерной матрице. Этот принцип был предложен американскими учеными. Таким путем получают пленки со всеми свойствами холестериков.

Есть еще один подход к решению этой проблемы, при котором используется способность ряда синтетических полипептидов (поли-γ-глютаминовая кислота, поли-L-бутил-L-глютамат и др.) образовывать лиотропную холестерическую мезофазу в растворах некоторых мономеров (N-диметилакриламид, бутилакрилат). Если провести полимеризацию этих мономеров в мезофазе в присутствии сшивающих агентов, то удается получить полимерные пленки, проявляющие все свойства холестериков. Это, по существу, уже смеси двух полимеров, один из которых оптически активен.

Последние два примера наглядно подтверждают возможность получения новых интересных соединений на основе смесей полимеров с низкомолекулярными жидкими кристаллами.

Успехи в исследовании жидкокристаллических полимеров ведут к расширению наших представлений о строении жидких кристаллов и к созданию качественно новых полимерных материалов.

ЛЕТОПИСЬ НАУКИ

Я представляю себе необъятную область наук широким полем, усеянным темными и светлыми пятнами. Цель наших работ должна заключаться или в том, чтобы расширить границы светлых пятен, или в том, чтобы умножить на поле источники света.

Дидро

КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

АСТРОНОМИЯ

ФИЗИКА

МАТЕМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

ХИМИЯ

ТЕХНОЛОГИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

БИОЛОГИЯ, МЕДИЦИНА, СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

ИСТОРИЯ И АРХЕОЛОГИЯ

ФИЛОСОФИЯ И СОЦИОЛОГИЯ

ЭКОНОМИКА

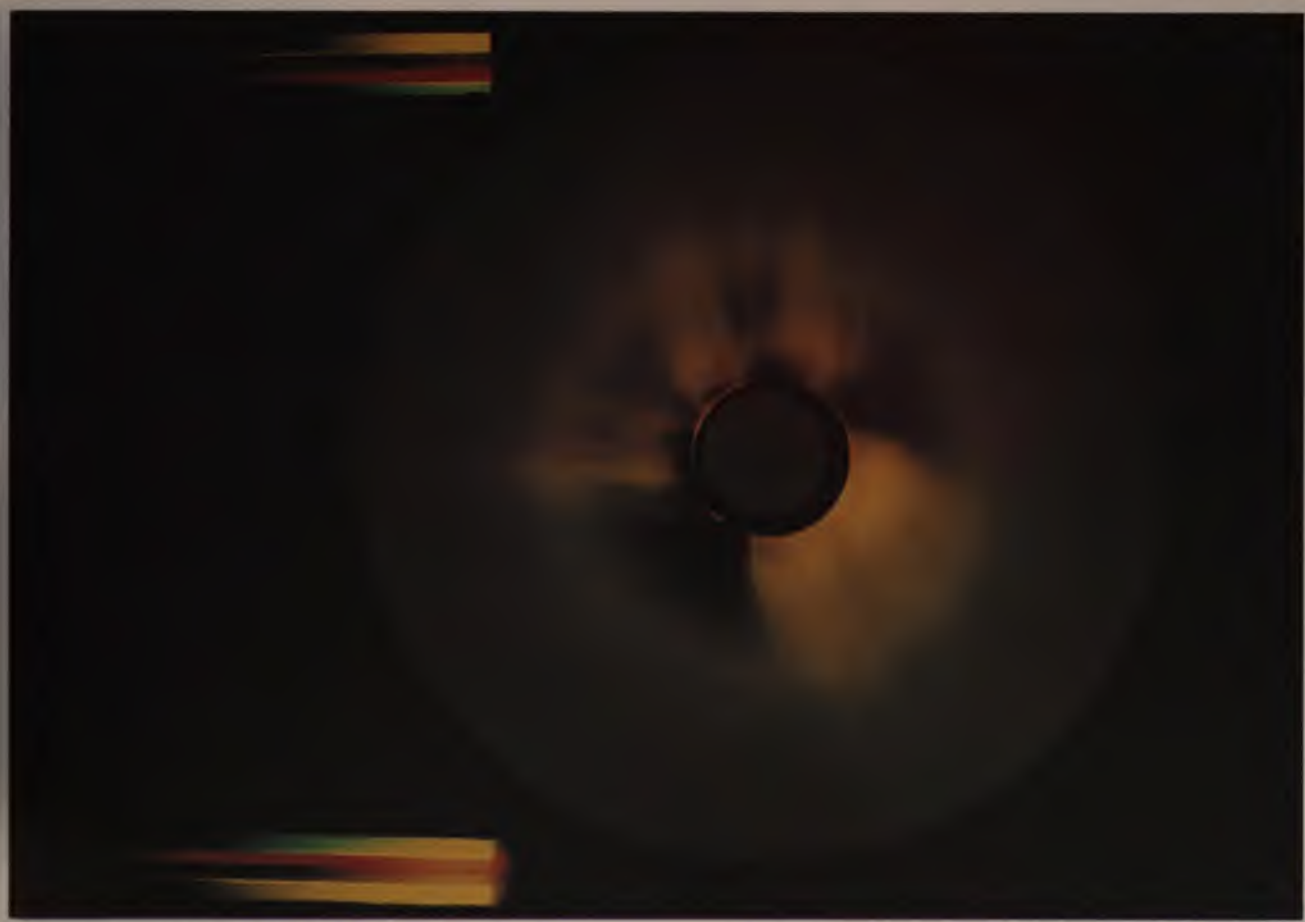
ФИЛОЛОГИЯ

Полная фаза затмения 31 июля 1981 г. Заря охватывает весь горизонт, как это обычно бывает во время полных затмений Солнца. Справа над солнечной короной виден Меркурий (яркая точка)

Солнечная корона. Фокусное расстояние объектива 300 мм, выдержка 3 и 1/2 с. Снимки Ю. Д. Жугжды и В. А. Лоцанса (СССР)

Подготовка к наблюдению затмения

Фотоэлектрические поляриметры. Трубы квадратного сечения — их оптическая часть с приемниками излучения (фотоумножителями) и с механическим устройством для сканирования короны. Регистрирующая аппаратура — за кадром в палатке



Солнечная корона. Снимок получен со специальным радиальным фильтром. Круг на фоне темного лунного диска — зона полного пропускания радиального фильтра. Начиная с этой зоны и дальше по направлению от Солнца пропускание фильтра, вначале очень малое, возрастает вновь до полного. Голубой цвет устранен и тем самым сильно ослаблен фон неба, что позволяет лучше разглядеть детали короны. Цветные полоски — специальные марки, предназначенные для количественной обработки снимка. Снимок получен на камере с фокусным расстоянием 3 м С. Кучми и Ж. Фаго (S. Koutchmy, J. Fagot, Франция). Яркий большой протуберанец красного цвета находится точно на Южном полюсе Солнца

Структура солнечной короны — обработка снимка короны, полученного с радиальным фильтром. Характер структуры короны определяется магнитным полем Солнца, в котором находится электропроводящий газ короны. Светлые и темные «струи» на снимке очерчивают силовые линии магнитного поля. Обработка проведена С. Кучми в Парижском астрофизическом институте

На с. 300—301 иллюстрации к заметке «Наблюдение полного солнечного затмения 1981 г.»

Многозональные эксперименты в космическом природоведении

Новое практическое и научное направление — космическое природоведение — опирается на фотографирование земной поверхности из космоса. Этим эффективным способом собирается информация о природных ресурсах Земли и окружающей среде.

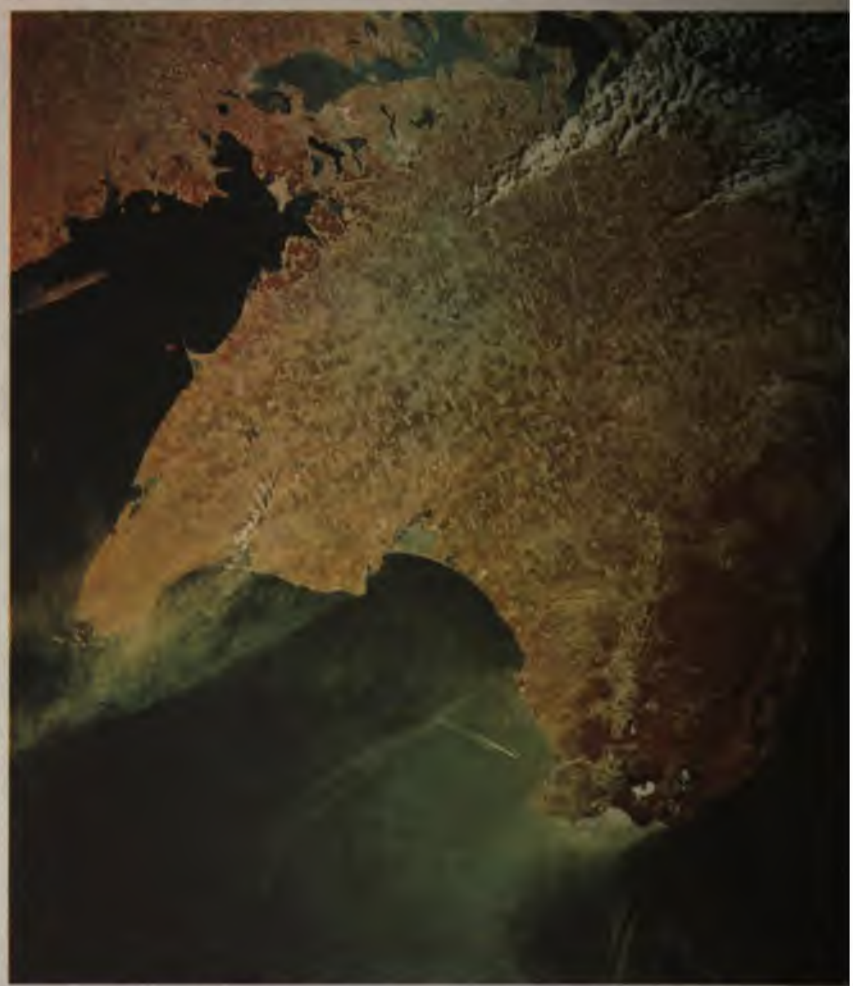
Орбитальная съемка осуществляется и фотоаппаратами с одним объективом и многозональными (многообъективными) камерами, с помощью которых получают синхронные изображения в нескольких узких зонах спектра электромагнитного излучения.

Интенсивность отражения энергии природными объектами неодинакова в различных частях спектра. Поэтому подобрав при многозональной съемке для каждого элемента природного ландшафта соответствующую ему узкую спектральную зону, можно максимально увеличить число распознаваемых природных объектов и повысить степень их дешифрируемости.

Многозональная съемка позволяет также синтезировать цветные изображения. Это делается наложением нескольких узкозональных черно-белых снимков, пропущенных через цветные светофильтры. Подбирая фильтры, можно резко увеличить цветовой контраст. На получаемых при этом синтезированных изображениях главное — не правильная цветопередача (лес может быть, например, ярко-желтым, а выжженная солнцем пустыня — голубой), а возможно более резкие цветовые контрасты, способствующие дешифрованию природных форм.

Здесь приведены два синтезированных снимка и наземные фотографии тестовых участков (в основном южные районы СССР), на которых выполняются систематические исследования с помощью спектрометрической аппаратуры и отрабатывается методика дешифрирования многозональных космических снимков.

Синтезированный космический снимок Северного Тянь-Шаня. Результат наложения трех черно-белых изображений, полученных в спектральных диапазонах — 0,5—0,6, 0,6—0,7 и 0,7 — 0,85 мкм и пропущенных соответственно через синий, зеленый и красный фильтры. Различные вариации красно-кирпичного тона выделяют древесно-кустарниковую и луговую растительность на склонах Киргизского хребта, вблизи г. Фрунзе. Светло-красные тона выявляют систему землепользования в районе реки Чу. Четко вырисовывается рельеф межгорных впадин на склонах. Яркий белый цвет — вечные снега высокогорья



Синтезированный космический снимок Крымского полуострова. Использован такой же вариант синтезирования, как и на снимке слева, однако цветовая насыщенность синего и зеленого фильтров увеличена вдвое. С помощью таких изображений осуществляется картирование полей с видовым разделением возделываемых культур и генерализованное дешифрирование почв. Ярко-красный цвет — леса горного Крыма. У южного окончания Крымского полуострова хорошо видны внутренние волны на глубине несколько десятков метров от поверхности моря, а также инверсионный след самолета

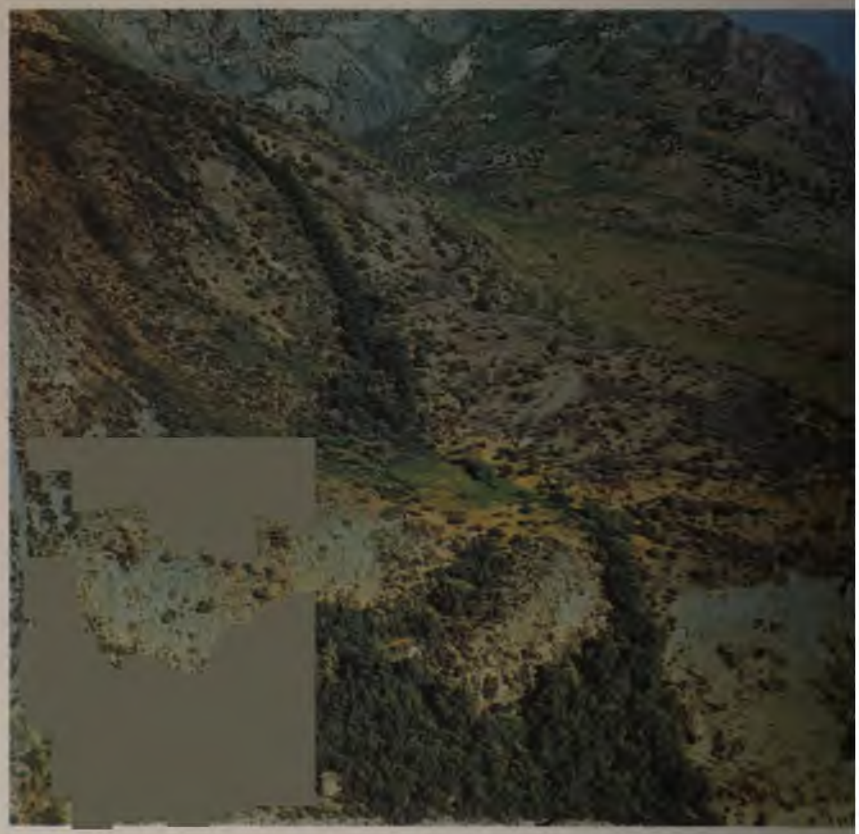
Поле картофеля в долине р. Сурхоб. Вегетативная фаза растений и степень разреженности их при посадке заметно влияют на цветовую окраску синтезированных изображений

Фруктовые сады и виноградники в Гиссарской долине. Яблоневые, грушевые и абрикосовые деревья и виноградная лоза неодинаково проявляются в узких участках спектра при многозональной съемке с орбиты

Поле на берегу р. Белой в Башкирии — тестовый участок для определения степени распознаваемости границы «лес—поле» на космических фотоснимках

Посевы ячменя на высоте около 3000 м над уровнем моря. Эти поля четко вырисовываются на фоне безжизненных скал. На космических синтезированных снимках участки культурной растительности выделяются яркими пятнами, что облегчает их картографирование

Тестовый участок высокогорного луга. За 50—60 дней растения здесь проходят полный цикл развития. Периодическая съемка из космоса позволяет проследить различные фазы этого развития



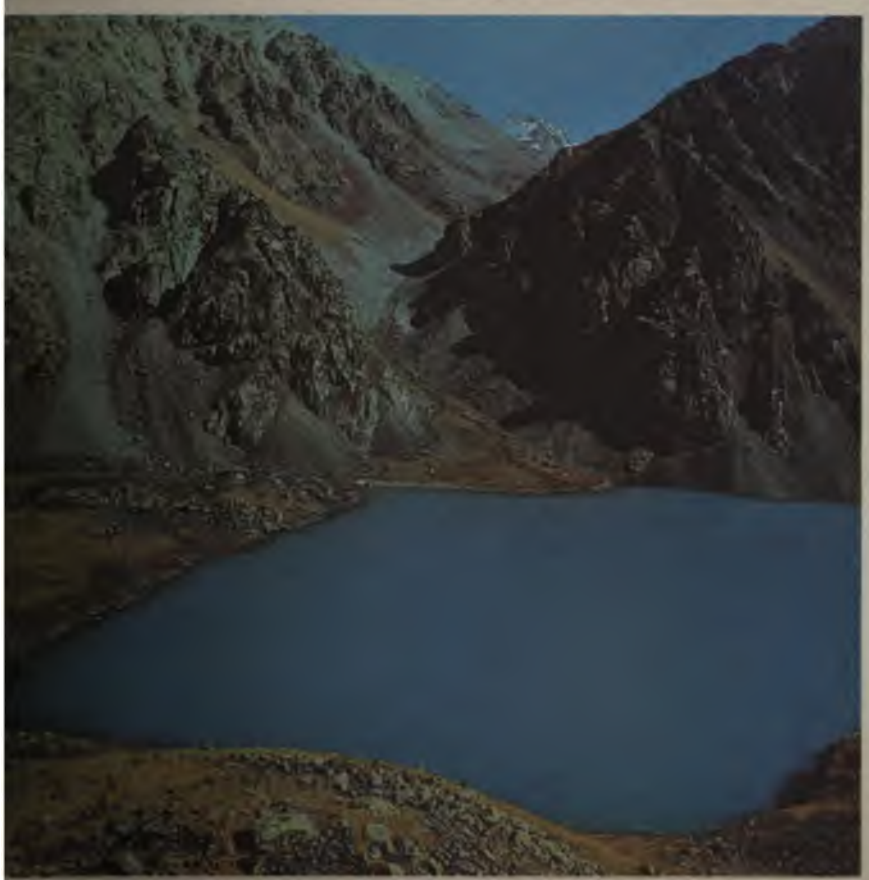
Одна из контрольных площадок высокогорного луга, показанного на фото вверху. Снимок сделан с рабочей платформы спектрометрической вышки

Высокогорное пастбище с временным очень чистым ручьем снегового питания. Используя особенности контрастного проявления водотоков в инфракрасном диапазоне, ученые изучают возможности обнаружения с помощью аэрофотосъемки воды в руслах, экранированных древесно-кустарниковой растительностью. Такие исследования проводятся в рамках подспутниковых экспериментов

Фрагмент водотока, показанного на фото вверху

Посадка вертолета на высокую точку местности. Здесь специалисты изучали прозрачность и другие параметры атмосферы во время подспутникового эксперимента; одновременно этот район фотографировался с борта орбитальной станции «Салют-6»

Очаг дымового загрязнения атмосферы и земной поверхности. Его многозональная съемка из космоса позволяет установить оптимальный для выявления дымовых шлейфов режим синтезирования



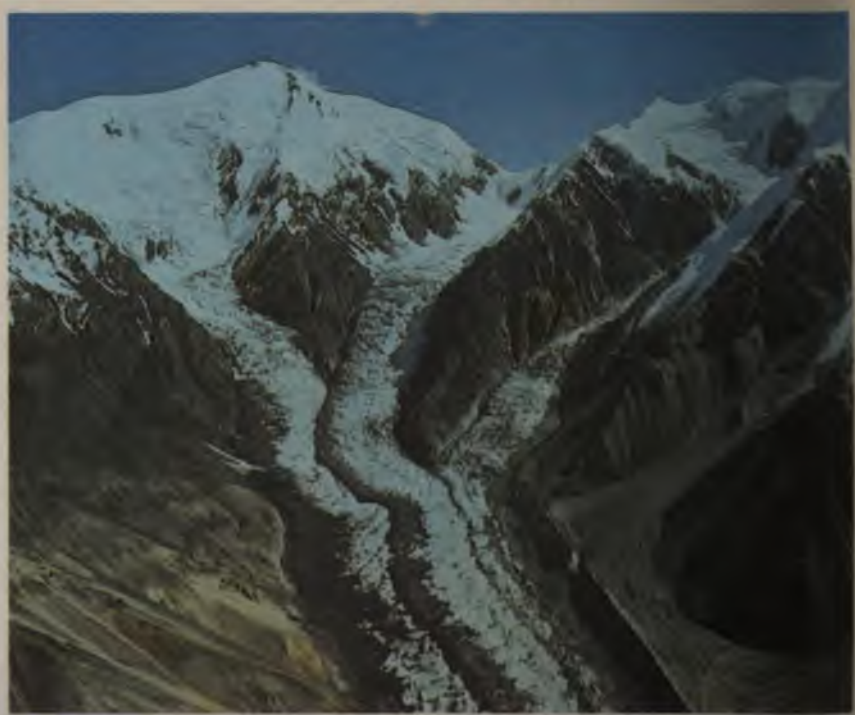
Антиклинальная складка, в которой обнаружено скопление нефти. В зависимости от сезонного состояния растительного покрова, освещенности и угла визирования эта структура поразному проявляется на космических снимках

Озеро в горной долине. Такие природные объекты, имеющие яркий цвет и резко контрастирующие с окружающим ландшафтом, служат эталоном при оценке правильности цветопередачи на космических снимках

Конус выноса снежной лавины в горной долине. Наблюдения регулярных снежно-ледовых обвалов на этом сбросе позволяют оценить эффективность различных видов космической съемки при изучении лавинной деятельности

Типичный пример селевых потоков. Объем выноса камня и грязи в них невелик, однако здесь хорошо видны область формирования селя, участок транспортирования породы и зона выброса материала. На этом природном объекте отрабатываются методы дешифрирования селевых логов по многозональным космическим снимкам

Сезонная снеговая линия в горной долине. В зависимости от влажности снега площадь снегового покрова неодинаково отображается на снимках, полученных в разных спектральных зонах. Поэтому на синтезированном изображении появляется яркая кайма, проходящая вдоль склонов хребтов. Она соответствует площади тающего снега, что используется при расчетах стока



Крупный ледопад горного ледника. На обычных космических снимках такие образования затемняют ярко-белое изображение ледника. Затрудняют изучение ледовой тектоники и тени, отбрасываемые облаками и горными склонами. Многозональное фотографирование таких участков помогает определить оптимальные способы их съемки

Иллюстрации к заметке «Реставрация Тшебоньской мадонны»

Тшебонь (ЧССР), костел св. Юлии. Статуя мадонны, около 1400 г., во время реставрации полихромии периода Ренессанса (слева) и после реставрации

Микрофотография поперечного разреза красочных покрытий до реставрации

Фотография остатков красочных покрытий покрывала периода Ренессанса

В. И. БУГАНОВ,
доктор исторических наук

В. Н. БУТРОВ,
сотрудник АМН СССР

Г. Н. БЫЧКОВ,
кандидат сельскохозяйственных наук

А. В. ГИГЛАВЫЙ,
кандидат технических наук

Л. М. ГИНДЕЛИС,
кандидат
физико-математических наук

О. П. ГРУШНИКОВ,
кандидат химических наук

Л. В. ДЕСИНОВ,
сотрудник Госцентра «Природа»

Л. Г. ДИНЕСМАН,
доктор биологических наук

О. Б. ДЛУЖНЕВСКАЯ,
кандидат
физико-математических наук

В. А. ДУНАЕВСКИЙ
доктор исторических наук

С. В. ЗАИКА,
кандидат филологических наук

И. Б. ИВАНОВ,
кандидат
геолого-минералогических наук

В. Н. КИСЕЛЕВ,
доктор философских наук

А. И. КЛИБАНОВ,
доктор исторических наук

В. В. КРИНИЦКИЙ,
сотрудник МСХ

Л. Л. КРУГЛОВ,
кандидат исторических наук

Л. В. КУМЕЛАН,
сотрудник АН СССР

В. К. КУЧИНСКАЯ,
кандидат исторических наук

С. КУЧМИ (Koutchmy, Франция)

С. И. ЛАРИН,
сотрудник АН СССР

Ю. А. ЛИМОНОВ,
доктор исторических наук

Г. С. МОРОЗОВА,
кандидат
сельскохозяйственных наук

Ю. Г. НАМЕСТНИКОВ,
кандидат
геолого-минералогических наук

И. С. НАРСКИЙ,
доктор философских наук

С. А. НЕБОЛЬСИН,
кандидат филологических наук

В. П. НЕРОЗНАК,
доктор филологических наук

Н. Ф. НИЗНАЙКО,
сотрудник ГКНТ

С. А. НИКИТИН,
сотрудник АН СССР

Г. М. НИКОЛЬСКИЙ,
доктор физико-математических наук

А. П. ОГНЕВ,
кандидат экономических наук

А. Г. ОМАРОВСКИЙ,
доктор экономических наук

С. В. ОШИБКИНА,
кандидат исторических наук

А. А. ПАМЯТНЫХ,
кандидат физико-математических наук

Ф. П. ПЕТРОВ,
кандидат исторических наук

Л. ПИКЕНХАЙН (Pickenhain, ГДР)

Ю. В. ПЛОТНИКОВ,
кандидат исторических наук

А. В. ПОТАПОВ,
сотрудник АН СССР

А. С. ПРОТОПОПОВ,
доктор исторических наук

С. К. САМСОНОВ,
кандидат
геолого-минералогических наук

В. Б. СЕОЕВ,
кандидат исторических наук

С. Н. СМИРНОВ,
доктор философских наук

А. И. СТАВЧИКОВ,
кандидат экономических наук

Е. Н. СЧЕНСНОВИЧ,
сотрудник АН СССР

Ф. Р. ФИЛИППОВ,
доктор философских наук

Б. А. ФРОЛОВ,
доктор исторических наук

В. ФРОМЛОВА
(Frömlová, ЧССР)

М. Х. ХАЛМУХАМЕДОВ,
кандидат философских наук

А. ХОРВАТ (Horváth, ВНР)

И.. А. ШИКЛОМАНОВ,
доктор географических наук

Л. В. ШУРШАЛОВ,
кандидат физико-математических наук

Б. М. ШУСТОВ,
кандидат физико-математических наук

В. А. ШУКОВ,
кандидат философских наук

КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Пятая основная экспедиция на «Салюте-6»

12 марта 1981 г. в Советском Союзе был осуществлен запуск космического корабля «Союз Т-4» с экипажем в составе командира В. В. Коваленка и бортинженера В. П. Савиных.

На следующий день «Союз Т-4» состыковался с орбитальным комплексом «Салют-6» — «Прогресс-12», и космонавты перешли в помещение станции. Новому экипажу «Салюта-6» предстояло проверить работу бортовых систем и аппаратуры станции, выполнить профилактические мероприятия и замену отдельных приборов и устройств для обеспечения дальнейшей ее эксплуатации в пилотируемом режиме, разгрузить корабль «Прогресс-12», запущенный 24 января 1981 г. и состыковавшийся с орбитальной станцией «Салют-6» 26 января, продолжить исследования и эксперименты, начатые предыдущими экспедициями. Научная программа предусматривала изучение природных ресурсов Земли, проведение технологических, астрофизических, медико-биологических и технических экспериментов.

19 марта после завершения программы совместного полета с «Прогрессом-12» и работ с ним грузовой корабль был отделен от комплекса «Салют-6» — «Союз Т-4».

В. В. Коваленок и В. П. Савиных осуществили ряд намеченных ремонтно-профилактических мероприятий. Они установили новый блок управления ориентацией солнечных батарей, заменили насос откачки конденсата в системе терморегулирования и один из блоков регенерации воды, отремонтировали одну из телевизионных камер, установку «Малахит» и комплексный физкультурный тренажер, выполнили очистку вентиляторов системы терморегулирования.

Уже на второй день работы на станции космонавты приступили к научным исследованиям и экспериментам. Изучалось, в частности, влияние факторов космического полета на организм человека и развитие высших растений. Космонавты ухаживали за растениями, культивируемыми в космических оранжереях «Оазис», «Вазон», «Малахит», «Светоблок», поддерживали необходимые условия в них, регистрировали рост и развитие гороха, лука, орхидей, арабидопсиса, регулярно информировали специалистов-биологов о полученных результатах. На новой установке «Магнитогравистат», доставленной «Прогрессом-12», исследовалось влияние неоднородного магнитного поля на ориентацию проростков креписа. Растения были зафиксированы и впоследствии доставлены на Землю.

Систематически проводились медицинские обследования членов экипажа с помощью многофункциональной клинической аппаратуры «Полином-2М», приборов «Реограф» и «Бета». В частности, выполнялись антропометрические измерения, исследовались состояние сердечно-сосудистой системы, реакция системы кровообращения на дозированную физическую нагрузку, биоэлектрическая активность сердца, оценивалось состояние мышечного аппарата, нагрузки на который в полете незначительны. В эксперименте «Анкета» анализировались симптомы вестибулярных расстройств в условиях невесомости. Изучалась также динамика газового состава атмосферы в помещениях станции. Много времени космонавты отводили занятиям физическими упражнениями на велоэргометре и комплексном тренажере, который включает «бегущую дорожку», эспандеры для силовых упражнений и амортизаторы, создающие нагрузку на костно-мышечный аппарат.

Визуально-инструментальные наблюдения и фотосъемка проводились в соответствии с обширной программой исследования природных ресурсов Земли и окружающей среды. Космонавты продолжили сбор информации об акватории Мирового океана, о метеорологической обстановке в различных районах планеты, проводили оценку пылевых и дымовых загрязнений атмосферы и состояния природной среды в крупных промышленных районах и городах, фотосъемки отдельных районов Атлантического океана, Аральского и Каспийского морей, Кавказа, Южного Урала, Казахстана и республик Средней Азии, юга Сибири, а также территории Монгольской Народной Республики. В этой работе они использовали фотоаппаратуру МКФ-6М, КАТЭ-140, спектрометр «Спектр-15».

Экипаж провел также ряд экспериментов по выявлению погрешностей фотосъемки, вносимых земной атмосферой, определению ее оптических характеристик, отработке более эффективных методов исследования природных ресурсов Земли из космоса.

С помощью технологических установок «Сплав», «Лотос», «Пион» и аппаратуры «Испаритель» экипаж выполнил комплекс экспериментов по космическому материаловедению. На электронагревательной установке «Сплав» в условиях микрогравитации выращивались монокристаллы полупроводниковых материалов «кадмий — ртуть — теллур», «галий — висмут» и «германий — кремний», арсенида и антимонида галлия, кристаллов металлических соединений «свинец — цинк» и «висмут — сурьма». На этой же установке было получено несколько образцов оптических материалов.

На технологической установке «Пион» в эксперименте «Структура» исследовались процессы теплообмена и массопереноса при выращивании кристаллов из водных растворов. На установке «Лотос» отрабатывалась технология получения в условиях невесомости элементов конструкций из пенополиуретана.

Серия экспериментов по нанесению металлических покрытий методом испарения и последующей конденсации в условиях космического вакуума и невесомости была осуществлена на аппаратуре «Испаритель». При напылении меди на образец из титана

Монтажно-испытательный корпус космодрома Байконур. Справа — ракета-носитель, слева — космический корабль «Союз Т-4» на стапеле

В. В. Коваленок и В. П. Савиных в тренажере космического корабля «Союз Т-4»

Извержение вулкана Алаид (Курильские острова). Снимок сделан В. В. Коваленком и В. П. Савиных с борта комплекса «Салют-6» — «Союз Т-4»

В. П. Савиных за заправкой «Малахита-2» панелями с орхидеями. Снимок сделан В. В. Коваленком на борту комплекса «Салют-6» — «Союз Т-4» — «Союз-40»

замерялась температура образца с целью уточнения режимов эксперимента. Напылялось также серебро на титан. Работы выполнялись на теневой и освещенной Солнцем частях орбиты, когда температура образцов была различной. Цель подобных экспериментов — отработка технологии восстановления покрытий наружных элементов конструкции космических аппаратов в полете и создание установок для выполнения этих операций.

Космонавты использовали в своей научной работе субмиллиметровый телескоп БСТ-1М и малогабаритный гамма-телескоп «Елена», установленный в бытовом отсеке корабля «Союз Т-4». Экипаж выполнил калибровку телескопа БСТ-1М (в нем для охлаждения приемников излучения до температуры минус 269°С применена криогенная система замкнутого цикла) и измерения субмиллиметрового излучения земной атмосферы. С помощью гамма-телескопа измерялись потоки гамма-излучения и заряженных частиц в околоземном пространстве.

23 — 30 марта 1981 г. космонавты В. В. Коваленок и В. П. Савиных работали вместе с членами советско-монгольского экипажа — В. А. Джанибековым и Ж. Гуррагчей, а 15 — 22 мая 1981 г. — вместе с членами советско-румынского экипажа — Л. И. Поповым и Д. Прунариу*.

26 мая 1981 г. 75-суточный космический полет был завершен: спускаемый аппарат корабля «Союз Т-4» с космонавтами В. В. Коваленком и В. П. Савиных совершил посадку.

На борту «Салюта-6» за время, прошедшее с момента вывода его на орбиту, работало пять основных (длительностью 96, 140, 175, 185 и 75 суток) и одиннадцать кратковременных экспедиций, в том числе восемь международных по программе «Интеркосмос».

Время функционирования станции в пилотируемом режиме составило 676 суток. В совместных полетах со станцией успешно проведены испытания усовершенствованного транспортного корабля «Союз Т». Полностью оправдала себя эффективная система материально-технического снабжения пилотируемых комплексов с использованием автоматических грузовых кораблей «Прогресс», которые доставили на станцию более 22 т различных грузов. Это обеспечило продолжительную работу экспедиций, позволило существенно пополнить состав научной аппаратуры станции и расширить программу исследований, провести комплекс ремонтно-профилактических меро-

* См. ниже заметку «По программе «Интеркосмос» и статью Д. Прунариу в этом томе. — *Ред.*

следователя гражданина МНР Ж. Гуррагчи.

23 марта после стыковки космического корабля «Союз-39» с научно-исследовательским орбитальным комплексом «Салют-6» — «Союз Т-4» В. А. Джанибеков и Ж. Гуррагча перешли в помещение станции, где их встретили космонавты В. В. Коваленок и В. П. Савиных.

Программа работ международного экипажа предусматривала проведение в течение семи дней медико-биологических, физико-технических и технологических экспериментов, а также изучение атмосферы и природных ресурсов Земли. Эти эксперименты были подготовлены совместно учеными и специалистами СССР и МНР. Были также продолжены исследования, начатые предыдущими международными экипажами, с использованием научной аппаратуры, созданной учеными социалистических стран — участниц программы «Интеркосмос» и доставленной ранее на орбитальную станцию «Салют-6».

Советско-монгольский экипаж полностью выполнил научную программу, включавшую 25 экспериментов. Наиболее обширным был комплекс медико-биологических исследований.

Было продолжено изучение периода адаптации к невесомости: исследовались особенности суточных ритмов человека в острый период адаптации с помощью электротермометра и счетчика частоты сердечных сокращений (эксперимент «Биоритм»), оптимизирующее влияние препарата из облепихи на обмен веществ в организме человека в условиях невесомости (эксперимент «Чацаргана»), глубинное зрение и разрешающая способность глаза при различных уровнях освещенности на станции с помощью разработанного в СССР прибора (эксперимент «Нептун»), влияние факторов космического полета на развитие болезни движения (эксперимент «Воротник»). Повторно выполнялись эксперименты «Опрос», «Анкета», «Кровообращение», «Время», «Работоспособность», «Восприятие», «Досуг».

На советской электронагревательной установке «Сплав» с программным управлением проведены два технологических эксперимента «Алтай». В одном из них изучались процессы диффузии и массопереноса в расплаве металлов (на примере свинца и олова) и влияние на эти процессы конвективных потоков, возникающих в градиентном температурном поле. В другом — выращивались монокристаллы пятиокиси ванадия в условиях микрогравитации. Кристаллическая пятиокись ванадия относится к активным полупроводникам и используется для изготовления термисторов, она хороший катализатор при получении многих органических соединений. Ее кристаллы, выращенные в наземных условиях, изучены довольно подробно. Предполагается, что кристаллы, полученные в условиях микрогравитации и отсутствия конвекции, будут обладать более совершенной структурой.

С помощью специального устройства проводился технологический эксперимент «Эрдэнэт» по исследованию процессов диффузии и перераспределения примесей при растворении в воде и последующей кристаллизации сернокислой соли меди.

В цикле физико-технических и геофизических экспериментов изучались различные явления и процессы в атмосфере. Это — эксперименты «Горизонт — Терминатор» (определение оптических характеристик атмосферы в районе терминатора), «Контраст» (выявление зависимости характеристик атмосферы от степени загрязнения), «Атмосфера» (отработка методики определения передаточной функции атмосферы), «Улан-Батор» (изучение оптических свойств атмосферы над городами и промышленными центрами), «Солонго» (измерение отражательных свойств различных природных объектов с целью составления каталога спектральных характеристик). Эксперименты проводились с помощью прибора «Спектр-15», фотоаппаратуры МКФ-6М и КАТЭ-140.

В эксперименте «Излучение» с помощью диэлектрических детекторов измерялась интенсивность ядерной компоненты космических лучей в области малых энергий. Цель эксперимента «Голограмма» — получить с помощью установки «Фуло» голограммы физического процесса на борту станции и определить, как влияет канал связи на качество изображения при передаче голограмм по телевизионному каналу «борт—Земля» и «Земля—борт» с помощью голографической установки «Свет» (Республика Куба).

Особую важность для аграрно-индустриальной Монголии представляют эксперименты «Биосфера—Монголия» и «Эрдэм». В интересах различных отраслей народного хозяйства с помощью разнообразной аппаратуры наблюдались и фотографировались отдельные участки территории страны, на которых изучались кольцевые структуры, рифтовые зоны и другие природные образования, особо сейсмичные зоны, естественные пастбища, ледниковые и горные системы, границы сухостепной и полупустынной зон и т. д.

Космонавты В. А. Джанибеков и Ж. Гуррагча ежедневно проводили телевизионные репортажи с борта станции, в которых рассказывали о своей работе в космосе, впечатлениях и наблюдениях. Состоялась традиционная бортовая пресс-конференция, в ходе которой космонавты ответили на вопросы корреспондентов, аккредитованных в Центре управления полетом. Продолжало работать «космическое» отделение связи: двумя специальными штемпелями — советским и монгольским — были погашены конверты, предназначенные для экспонирования в музеях СССР и МНР.

Четыре космонавта подписали свидетельство Международной авиационной федерации о выполнении полета советско-монгольского экипажа.

Полет восьмого международного экипажа по программе «Интеркосмос» был завершен 30 марта 1981 г.

В мае 1981 г. состоялся советско-румынский полет*, который завер-

---

* О полете и работе на орбитальном комплексе советско-румынского экипажа см. статью Д. Прунариу в этом томе. — *Ред.*

СТО ЛЕТ НАЗАД

ФИНЛЯНДИЯ. Первый опыт применения даровой силы природы к электрическому освещению будет произведен в Финляндии на бумагопрядильной фабрике г. Феллейзена. Лампы будут размещены так, что каждый станок получит отдельный источник света, что необходимо при данном производстве. Динамо-машины будут приводиться в движение силой близлежащего водопада.

«Техник»

МОСКВА. Фотографии воспроизводились уже на всевозможных предметах: визитных карточках, фарфоровых вазах и т. д., но не всем еще известно, что была сделана попытка фиксировать их на человеческой коже. Кожа человеческого тела оказывается гораздо чувствительнее к фотографическим впечатлениям, чем, например, бумага, и достаточно только смочить ее соленой водой, а потом слабым раствором азотно-кислого серебра, чтобы приспособить ее к восприятию фотографии, после чего фотограф может легко фиксировать любое изображение на коже.

«Техник»

Испытывавшаяся во втором полете «Колумбии» «механическая рука», изготовленная в Канаде. Фото НАСА

шил важный этап в развитии программы «Интеркосмос». С марта 1978 г. по май 1981 г. на советских космических кораблях «Союз» и орбитальной станции «Салют-6» совершили полеты девять международных экипажей. В их состав вместе с советскими космонавтами вошли представители всех братских социалистических стран — участниц программы «Интеркосмос».

Полеты «Колумбии»

12 апреля 1981 г. был осуществлен первый испытательный полет американского космического корабля многоразового использования, созданного по программе «Спейс Шаттл» (*Space Shuttle* — «космический челнок»).

Эта программа вызывает обоснованную тревогу прогрессивной мировой общественности в связи с тем, что Соединенные Штаты взяли курс на использование таких кораблей в военных целях.

Приземление «Колумбии» (второй полет). Фото НАСА

Старт космического корабля «Колумбия» (второй полет). Фото НАСА

Первый летный образец получил название «Колумбия». Официальное название запуска *STS-1: Space Transportation System* — космическая транспортная система. На борту «Колумбии» находился экипаж в составе Дж. Янга (*Young*) — ветерана исследования космоса, совершившего до этого четыре полета, и Р. Криппена (*Crippen*).

Конструктивно система «Спейс Шаттл» представляет собой орбитальную ступень — самолет (ракетоплан) с тремя маршевыми жидкостными ракетными двигателями, крепящуюся к наружному подвесному топливному баку, по бокам которого установлены два твердотопливных ускорителя. Подобно обычным ракетам-носителям, система стартует вертикально. Стартовый вес системы — 2040 т, а орбитальной ступени — 114 т, включая вес максимально возможной полезной нагрузки (до 29,5 т) и экипажа (до шести астронавтов). При старте одновременно работают все упомянутые двигатели.

Во время первого полета ускорители отделились на 134-й секунде и приводнились на парашютах в Атлантическом океане в 225 км от места старта. Морские суда отбуксировали их к м. Канаверал для повторного использования. Проектировщики системы планируют использовать каждый из ускорителей не менее 20 раз. Отделившийся позже подвесной топливный бак вошел в плотные слои атмосферы и разрушился (в отличие от остальных частей системы он — элемент одноразового использования). После доразгона и маневрирования орбитальная ступень перешла на орбиту 238 × 250 км.

Цель первого полета «Колумбии» — испытание бортового оборудования корабля на этапе выведения на орбиту, в ходе орбитального полета, при снижении и посадке. 14 апреля корабль совершил посадку на дне высохшего соляного озера. На заключительном участке спуска осуществлялось ручное управление.

В дальнейшем орбитальная ступень «Колумбии» на фюзеляже специально оборудованного самолета была возвращена на космодром на м. Канаверал. После восстановительного ремонта она была использована во втором испытательном полете, который состоялся в ноябре 1981 г. Из-за многочисленных технических неполадок

старт переносился несколько раз (первоначально запланированная дата — 30 сентября).

Запуск *STS-2* состоялся 12 ноября. На борту «Колумбии» находился экипаж в составе Р. Трули (*Truly*) и Дж. Энгла (*Engle*). «Колумбия» была выведена на орбиту 219×229 км.

На четвертом витке обнаружилась неисправность в одном из трех водородно-кислородных топливных элементов, обеспечивающих орбитальную ступень электроэнергией, питьевой водой и теплом для системы терморегулирования, и продолжительность полета была сокращена со 124 до 54 часов.

В полете была опробована «механическая рука» (дистанционный манипулятор), с помощью которой в будущем будет осуществляться извлечение из корабля грузов для их размещения на орбите и другие операции.

14 ноября экипаж посадил «Колумбию» на авиабазу Эдвардс.

Орбитальные полеты космической транспортной системы «Спейс Шаттл» будут продолжаться, как правило, не более недели, хотя предусмотрена возможность оставаться на орбите несколько недель. Корабли способны маневрировать на орбите, в частности, для обслуживания и ремонта космических объектов. Их можно использовать также для возвращения с орбиты как самих спутников, так и материалов наблюдений, проводимых спутниками, и для обеспечения монтажных работ на орбите.

Помимо выведения объектов по заказам гражданских организаций и в рамках международного сотрудничества (первоначально на этом делался акцент), система, как уже сказано, будет активно использоваться военным ведомством США. Оно планирует к середине 80-х годов широко применять такие корабли для доставки в космос своих объектов, в первую очередь спутников военного характера. Большая роль отводится программе «Спейс Шаттл» и в испытаниях различных типов новейшего оружия, которое США намечают разместить в космическом пространстве.

Объявлено о создании нового, специального космического центра, откуда будут осуществляться управление использованием в военных целях кораблей «Шаттл» и контроль за работой разведывательных и иных спутников, имеющих военное назначение.

Советское правительство еще в 1958 г. выступило с предложением о запрещении использования космического пространства в военных целях и международном сотрудничестве в области изучения космоса. Советский Союз и другие социалистические страны последовательно выступают против милитаризации космоса.

Исследование Венеры

30 октября и 4 ноября 1981 г. в Советском Союзе запущены автоматические межпланетные станции «Венера-13» и «Венера-14». Основная цель запуска — продолжение исследований планеты Венера.

В ходе полета по межпланетным траекториям проводилось изучение рентгеновского излучения, солнечного ветра, космических лучей и межпланетной плазмы; выполнялись эксперименты по определению местоположения и характеристик галактических источников гамма-излучения в рамках советско-французской программы; исследовалось межпланетное магнитное поле с помощью магнитометра, разработанного в Австрии.

1 и 5 марта 1982 г. отделившиеся от станций спускаемые аппараты совершили мягкую посадку на поверхность планеты Венера восточнее области Феба в районах, удаленных друг от друга на 1000 км. В процессе снижения проводились комплексные исследования химического и изотопного состава атмосферы и облаков, структуры облачного слоя, эксперименты по спектральному анализу рассеянного солнечного излучения и регистрации электрических разрядов в атмосфере.

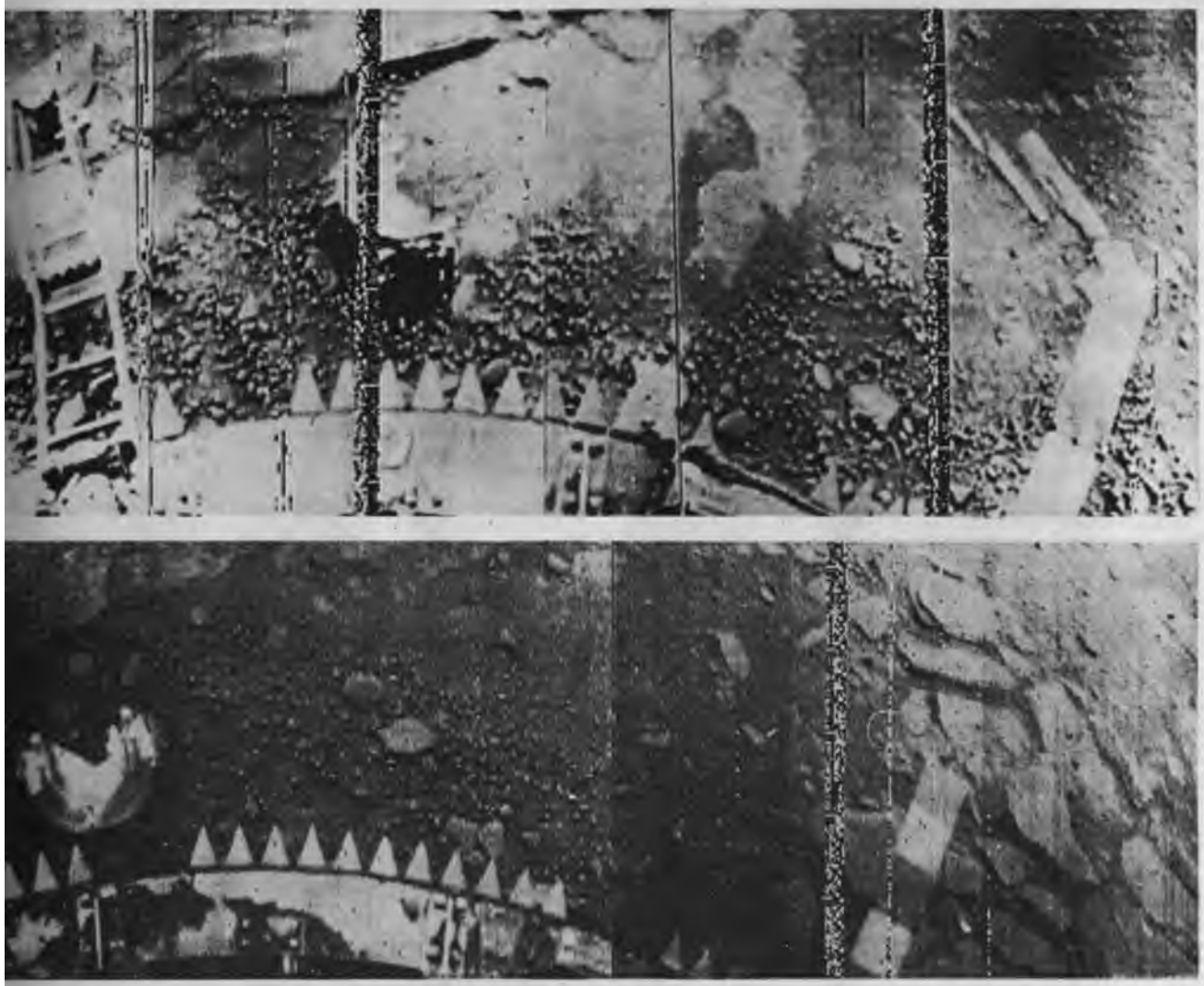
Работа аппаратов на поверхности планеты проходила в чрезвычайно сложных условиях при температуре 457° и 465°С, давлении 89 и 94 атм. Аппараты передали панорамные изображения окружающей местности, полученные через цветные светофильтры. С помощью грунтозаборных устройств проведено бурение поверхностного слоя, взятие проб грунта и их анализ с целью определения элементного состава. Оценена

СТО ЛЕТ НАЗАД

ПЕТЕРБУРГ. В заседании Русского технического общества, состоявшегося под председательством М. А. Рыкачева, были доложены вопросы «о воздухоплавательных приборах С. И. Барановского и А. Ф. Можайского». Прибор последнего заслужил одобрительный отзыв комиссии, почему отдел положил: просить совет Общества об изыскании средств к продолжению опытов над прибором г. Можайского.

«Техник»

АНГЛИЯ. Успокаивающее влияние масла на волны было известно морякам с давних пор. В данном случае ново только категорическое признание этого факта наукой. Практическая важность опытов Д. Шильдса, поставивших вне всякого сомнения факт укрощения волн маслом, огромна. Стоит только представить себе, сколько тысяч человеческих жизней, сколько миллионов ценностей может быть спасено при помощи такого простого и дешевого средства, как масло. Смело можно утверждать, что в очень скором времени для каждого корабля, пускающегося в морское плавание, запас масла станет такой же насущной необходимостью, как теперь компас. Такова будущая масла в пути. Что же касается до применения его в портах, гаванях и вообще на местах стоянки судов, то тут оно может произвести настоящий переворот в господствующей теперь системе устройства



Изображения поверхности планеты Венера (без предварительной обработки), полученные с помощью спускаемого аппарата станции «Венера-13». На каждом снимке внизу в центре — часть посадочного устройства аппарата и сброшенная крышка иллюминатора телефотометра, справа — цветная испытательная таблица, вертикальные полосы — участки передачи информации о работе научной аппаратуры. На верхней фотографии слева виден прибор для определения физико-механических свойств грунта

Спускаемый аппарат автоматической межпланетной станции «Венера-13»

Вымпел, установленный на борту станции «Венера-13»

сейсмическая активность планеты, и с помощью выносного прибора измерены физико-механические свойства грунта.

Обе станции продолжили полет по гелиоцентрическим орбитам.

Подробнее о научных результатах полетов — в следующем томе ежегодника.

Международное сотрудничество

В 1981 г. продолжалось сотрудничество Советского Союза в области исследования и использования космического пространства в мирных целях с девятью социалистическими странами (НРБ, ВНР, СРВ, ГДР, Республика Куба, МНР, ПНР, СРР и ЧССР) в рамках многосторонней программы

«Интеркосмос», а также на двусторонней основе с Индией, Францией, США, Швецией и Австрией.

Главные события 1981 г. в рамках программы «Интеркосмос» — это полеты советско-монгольского и советско-румынского экипажей*. По этой многосторонней программе и в рамках двусторонних программ были запущены также спутники «Интеркосмос-21», «Интеркосмос — Болгария 1300», «Ореол-3», «Бхаскара-2», исследовательские ракеты «Вертикаль-9» и «Вертикаль-10». На ряде космических аппаратов (спутник «Метеор—Природа», автоматических станциях «Венера-13», «Венера-14»), запущенных по советской национальной программе, были установлены приборы, созданные в рамках международного сотрудничества.

6 февраля 1981 г. в Советском Союзе был осуществлен запуск спутника «Интеркосмос-21». Ракета-носитель вывела спутник на орбиту 520×475 км, наклонением — 74°, периодом обращения — 94,5 мин.

Задача спутника — отработка методов комплексного изучения Мирового океана и поверхности Земли, а также совершенствование экспериментальной системы сбора и передачи научной информации (ССПИ) с морских и наземных станций. Установленные на спутнике научная аппаратура и ССПИ созданы специалистами ВНР, ГДР, СРР, СССР и ЧССР.

ССПИ подразделяется на два комплекса — бортовой и наземный. Наземный комплекс представляет собой небольшие автоматические лаборатории, размещаемые в интересующих исследователей точках планеты — на морских буях, в труднодоступных горных районах и т. п. и оснащаемые соответствующей измерительной аппаратурой для получения геомагнитных, океанологических, гидрологических, метеорологических и других данных. Бортовой комплекс, включающий 8 приборов, осуществляет прием накопленной информации от наземных лабораторий — абонентов, управляет их работой и передает эту информацию на центральную наземную станцию или на наземные станции стран — участниц экспериментов.

В испытательном полете «Интеркосмоса-21» бортовой комплекс ССПИ работал с восемью абонентами, расположенными в Берлине, Будапеште, Москве, Подмосковье, Баку, Севастополе, Владивостоке и Индийском океане. При полном использовании возможностей бортового комплекса он способен обслуживать наземную сеть из 256 абонентов.

Помимо бортового комплекса ССПИ, на «Интеркосмосе-21» была установлена следующая научная аппаратура:

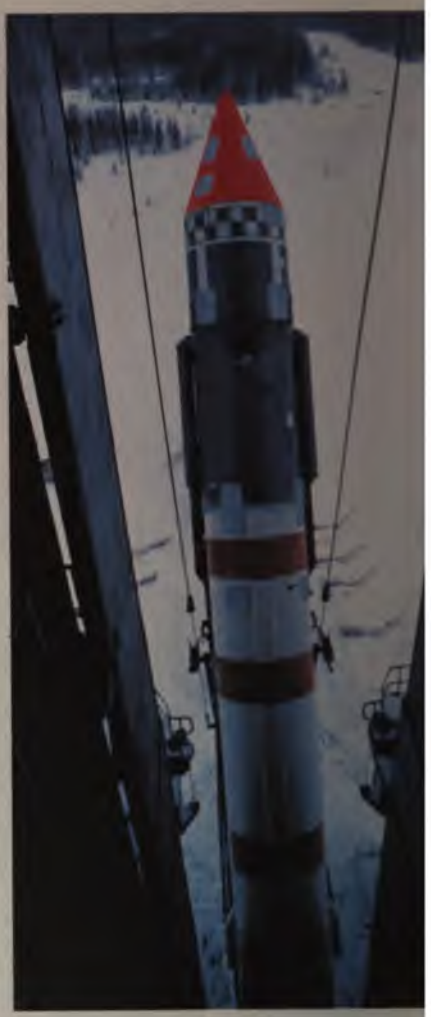
многоканальный спектрометр МКС, предназначенный для измерения абсолютного значения яркости восходящего излучения в спектральной области 415—275 нм (ГДР, СССР);

двухполяризационный радиометр Р-225, предназначенный для измерения интенсивности радиотеплового излучения системы «атмосфера — подстилающая поверхность» в диапазоне длин волн 2,25 см (СССР);

трехкомпонентный магнитометр, предназначенный для измерения напряженности магнитного поля Земли (СССР, СРР).

Аппаратура спутника предназнача-

Спутник «Интеркосмос-21»



Ракета-носитель со спутником «Интеркосмос-21» на стартовом устройстве

СТО ЛЕТ НАЗАД

МОСКВА. VII отдел Русского технического общества, работающий под председательством М. А. Рыкачева, в собраниях своих 24 и 31 января был занят изучением изобретений гг. Барановского и Можайского, предложивших приборы для летания по воздуху. Гг. Барановский и Можайский ознакомили со своими изобретениями по представленным ими чертежам; затем они сделали весьма интересные опыты. Так, прибор г. Барановского летал по воздуху в аудитории Общества; прибор же г. Можайского двигался по полу аудитории с различными скоростями в зависимости от изменения частей этого прибора. Приборы этих изобретателей будут подробно изучены и представлены собранию членов этого отдела, изучающего вопросы метеорологии и воздухоплавания.

«Техник»

США. Недавно открыто телефонное сообщение между Нью-Йорком и Чикаго на расстоянии немногим более 1500 верст. Проводник состоит из стальной проволоки, обтянутой медной пластинкой; сопротивление этого проводника только 1522 ома, тогда как сопротивление железной телеграфной проволоки 15000 омов. На последние опыты телефонного сообщения смотрят, как на новую эру развития телефонного дела.

«Инженер»

* См. выше заметку «По программе «Интеркосмос» и статью Д. Прунариу. — *Ред.*

лась также для исследования возможностей обнаружения с орбиты районов повышенной биопродуктивности и загрязнений в океане; определения оптической толщи атмосферы в различных спектральных диапазонах; регистрации границ разделов: суша—вода, вода—лед, снежного покрова и т. д.; получения данных по термодинамической температуре поверхности океана; исследования пространственно-временного распределения вращений геомагнитного поля путем сопоставления данных наземных и спутниковых измерений.

Многолетние совместные работы советских и болгарских специалистов в области космического приборостроения послужили хорошей основой для проекта «Болгария 1300», получившего свое название в ознаменование 1300-летия болгарской государственности. Болгарские ученые и специалисты при содействии советских коллег создали два комплекса научной аппаратуры. Первый комплекс установлен на советском спутнике «Метеор—Природа», второй — на спутнике «Интеркосмос — Болгария 1300», запущенном в рамках программы «Интеркосмос».

Спутник «Метеор—Природа» был выведен на геоцентрическую солнечно-синхронную орбиту 611×688 км, наклонением 97,9° и периодом обращения 97,6 мин 10 июля 1981 г.

Помимо необходимых служебных бортовых систем, обеспечивающих надлежащую ориентацию спутника на Землю, снабжение его электроэнергией, коррекцию орбиты, передачу данных на Землю и т. п., на спутнике установлена советская и болгарская научная аппаратура.

Ракета-носитель со спутником «Интеркосмос-Болгария 1300» на стартовом устройстве

Советский комплекс научных приборов включает сканирующую телевизионную аппаратуру для получения изображений поверхности Земли и экспериментальный трехканальный микроволновый радиометр РМ-2. В состав телевизионной аппаратуры входят два многоспектральных сканирующих устройства: одно имеет разрешающую способность 800 м и четыре спектральных канала в диапазоне 500—1100 нм, другое — разрешающую способность 250 м и два спектральных канала в том же диапазоне длин волн. Радиометр РМ-2 работает на волнах длиной 0,8; 1,35 и 1,6 см.

Комплекс болгарской научной аппаратуры включает 32-канальный спектрометр СМП-32, работающий в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах спектра; одноканальный микроволновый радиометр РМ-1 (рабочая длина волны 4 см); вычислительную систему для регистрации и предварительной обработки информации.

Основная задача спутника «Метеор—Природа» — составление каталога спектральных «портретов» разнообразных природных образований при различных их состояниях.

Исследование ведется синхронно на трех «этажах»: в космосе, на специально оборудованном самолете-лаборатории АН-30 и на нескольких экспериментальных полигонах, где проводятся детальные наземные исследования. Такой подход позволит оценить и учесть искажения, которые вносит атмосфера в регистрируемую со спутника информацию.

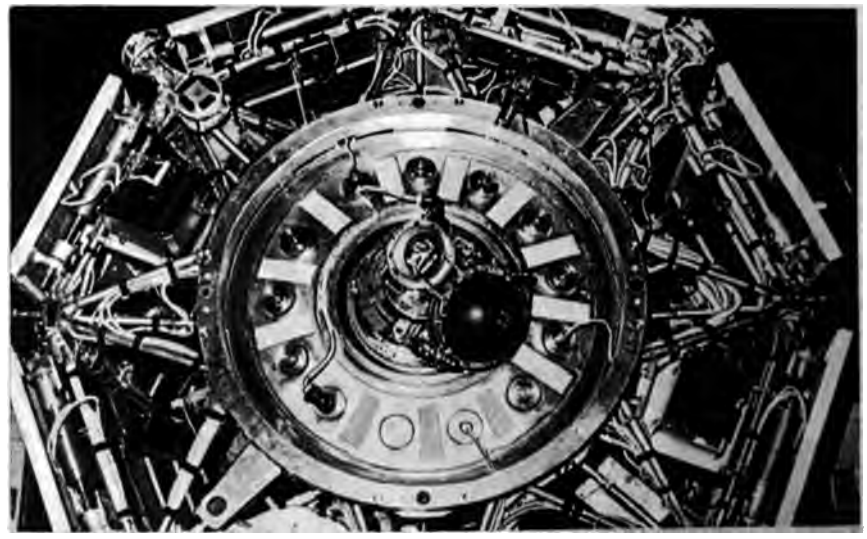
Одновременно со спутником «Метеор—Природа» ракета-носитель вывела на орбиту с близкими параметрами малый спутник «Искра», созданный студенческим конструкторским бюро Московского авиационного института им. С. Орджоникидзе и предназначенный для изучения диффузионных и тепловых процессов в невесомости.

Спутник «Интеркосмос — Болгария 1300» был запущен 7 августа 1981 г. на геоцентрическую орбиту 825×906 км, наклонением 81,2° и периодом обращения 101,9 мин.

На спутнике установлена научная аппаратура, предназначенная для комплексного изучения ионосферы и магнитосферы. С помощью аппаратуры спутника «Интеркосмос — Болгария 1300» надеются, во-пер-

Вывоз на старт ракеты-носителя со спутником «Интеркосмос-Болгария 1300»

Спутник «Ореол-3»



Верхняя панель спутника «Ореол-3» с установленными французскими приборами

Между панелями солнечных батарей «Ореола-3» виден французский прибор для эксперимента по измерению характеристик плазмы

Приборы советско-французского эксперимента по исследованию электромагнитных излучений очень низких частот («Ореол-3»)

вых, получить информацию, которая позволит им лучше понять механизм передачи солнечных возмущений Земле. Во-вторых, прямые исследования околопланетной плазмы дают возможность изучать процессы и явления, которые невозможно пока воспроизвести в земных лабораториях.

12 научных приборов спутника можно разделить на четыре группы. Первая включает семь приборов для регистрации электронов и ионов в околоземном пространстве; определения их концентрации, температуры, распределения по энергиям и массам ионов; выявления движений ионосферной плазмы. К ним относятся: анализатор низкоэнергичных ионов и электронов (рабочий диапазон 0,2—15 кэВ); измеритель дрейфа ионов, предназначенный для определения скорости движения ионов, а также ионного состава, концентрации и температуры ионов; прибор «Зонд» для измерения температуры и концентрации электронов; прибор для измерения параметров ионной компоненты плазмы; счетчик протонов «Протон-1» (50 кэВ — 1 МэВ); анализатор масс и энергии ионов, предназначенный для исследования ионного состава и энергетического распределения ионов с массами в диапазоне 1—64 а. е. м. (рабочие диапазоны энергий: 1—28 эВ; 0,25—8 кэВ).

Ко второй группе относятся прибор для измерения постоянных и квазипостоянных электростатических полей в диапазоне частот 0—1 Гц по трем взаимно перпендикулярным направлениям и трехкомпонентный феррозондовый магнитометр.

Третья группа — это многоканальный оптический электрофотометр ЭМО-5 для определения слабых световых излучений верхней ионосферы и ультрафиолетовый фотометр «Фотон-1» для исследования временных и пространственных вариаций свечений земной атмосферы с длинами волн в диапазоне 120—250 нм.

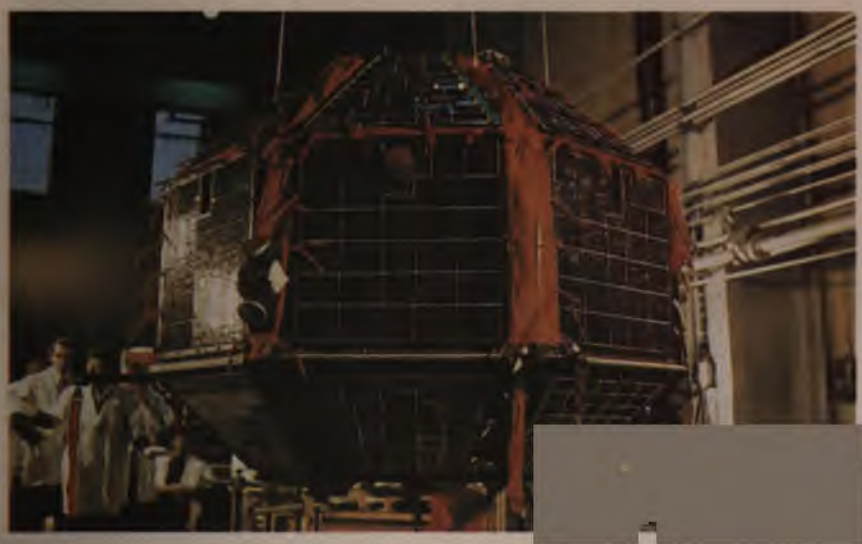
Несколько особняком от остальных приборов стоит уголковый лазерный отражатель. Он укреплен на днище спутника. С его помощью все наземные станции, имеющие лазерные локаторы, могут следить за спутником и решать целый ряд геофизических задач.

Следует отметить важные преимущества экспериментальной программы спутника «Интеркосмос — Болгария 1300» по сравнению с прежними аналогичными программами: измерения проводятся в период повышенной активности Солнца; одновременная работа большого и оригинального комплекса геофизических приборов; приполярная орбита спутника, которая позволяет наблюдать явления, типичные как для ионосферы, так и для магнитосферы Земли, и изучать наиболее интересные физические процессы, протекающие на границе полярных зон; высокая точность ориентации спутника (около 1°), позволяющая получать качественно новые данные.

21 сентября 1981 г. в Советском Союзе в соответствии с программой сотрудничества между СССР и Францией в области исследования и использования космического пространства в мирных целях был запущен спутник «Ореол-3». Ракета-носитель вывела спутник на орбиту 1920×380 км, наклонением 82,6° и периодом обращения 108,2 мин.

«Ореол-3» создан на базе серийных советских спутников типа АУОС (автоматическая универсальная орбитальная станция), широко используемых в программе «Интеркосмос». Спутник оборудован трехосевой системой стабилизации и ориентации на Землю, бортовой микро-ЭВМ французского производства и системами телеметрии (одна создана советскими специалистами, другая — французскими). Солнечный, инфракрасный, магнитный и звездный датчики обеспечивают определение ориентации с точностью до 1°

Научная аппаратура для спутника проектировалась и создавалась в рамках совместного советско-французского проекта «Аркад-3» как единый взаимодополняющий советско-французский комплекс бортовых при-



Спутник «Бхаскара-2»

Индийские специалисты проверяют установленные на спутнике «Бхаскара-2» приборы

боров, нацеленный на детальные и всесторонние измерения характеристик магнитосферно-ионосферных процессов. Со спутника изучались тепловая и сверхтепловая плазма, авроральные и энергичные частицы, колебания и волны в плазме в широком диапазоне частот, дрейфовые движения плазмы и токов, свечение верхней атмосферы. Эти измерения позволят изучить дуги и лучи полярных сияний, явления «полярного ветра» и пучков сверхтепловых ионов, выходящих в магнитосферу из верхней ионосферы, взаимодействие магнитосферной плазмы с излучением мощных наземных радиопередатчиков.

В состав комплекса входят следующие приборы:

3 авроральных фотометра и звездный фотометр для измерения свечения полярных сияний и уточнения ориентации спутника на ночной стороне орбиты (СССР);

2 электронных и 2 протонных электростатических спектрометра авроральных частиц с высоким временным разрешением для изучения интенсивности авроральных частиц над полярными шапками, в области главного провала ионосферы и в диффузной авроральной зоне (СССР);

2 электронных и 2 протонных канала обработки потоков информации, поступающих с названных выше приборов, для измерения частотных спектров и быстропеременных вариаций электронов и протонов, возбуждающих полярные сияния, с высоким временным разрешением (10 мс) (СССР, Франция);

2 спектрометра на кристаллических счетчиках для регистрации электронов и протонов средних энергий в целях измерения энергетических спектров и временных флюктуаций интенсивности энергичных частиц в магнитосфере (СССР);

2 детектора (торцевые гейгеровские счетчики) для регистрации энергичных проникающих частиц (электронов с энергиями более 40 кэВ и протонов с энергиями более 0,5 МэВ), определения степени их изотропии и градиента интенсивности вблизи границы устойчивого захвата (СССР);

прибор для многокомпонентных измерений в ОНЧ-диапазоне, позволяющий определять форму волны с помощью набора фильтров для трех магнитных и двух электрических компонентов излучений на частотах до 1,5 кГц и проводить широкополосные измерения на частотах до 16 кГц (СССР, Франция);

трехкомпонентный феррозондовый магнитометр с цифровыми и аналоговыми измерительными цепями с разрешением до 10 нТ для измерений

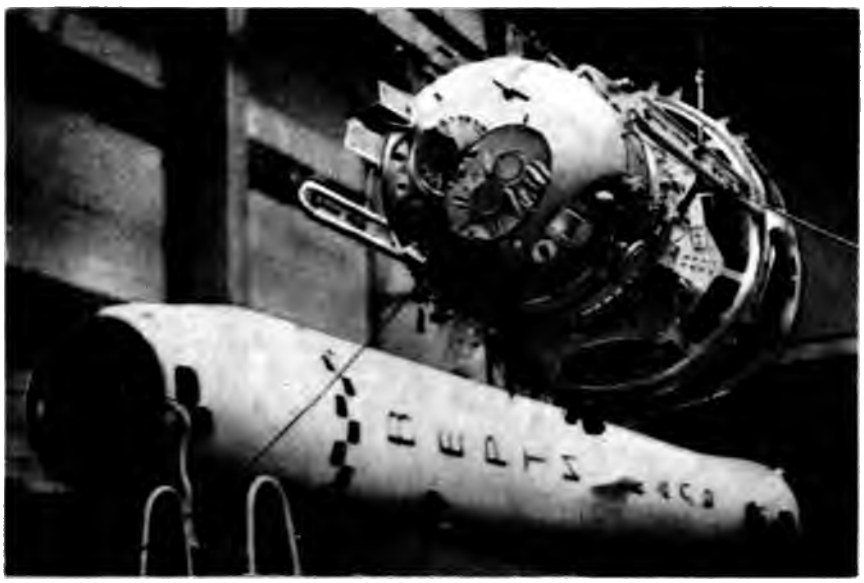
Польские специалисты ведут наблюдения запуска «Вертикали-9»

Контейнер с приборами исследовательской ракеты «Вертикаль-9» после приземления

СТО ЛЕТ НАЗАД

ФРАНЦИЯ. Опыт применения электричества к управлению воздушным шаром. Альберт и Гастон Тисандье испытали большой воздушный шар, управляемый посредством электричества. Управляет шаром винт диаметром 3 метра, который приводится в движение динамоэлектрической машиной, ток для которой возбуждается батареей с двухромокислым калием. Путешественники поднялись на аэростате из своей мастерской в Отейле, прошли над горой Валерьен и достигли Круаси, где произвели новые опыты над управляемым шаром и спустились на землю. Этот предварительный эксперимент представляет громадный интерес с точки зрения аэронавтики.

«Revue industrielle»



Зонд «Вертикаль-10» и ракета-носитель перед стыковкой

напряженности геомагнитного поля и его мелкомасштабных вариаций (СССР, Франция);

2 интерферометрических импедансных зонда диапазона частот 0,1—15 МГц для измерения электронной концентрации и температуры и их мелкомасштабных флюктуаций, характеристик плазмы (Франция);

комплекс из 24 детекторов авроральных электронов и ионов сверхтепловых и малых энергий для изучения спектров, угловых распределений и массового состава частиц (Франция);

трехканальный электростатический и магнитный масс-анализатор для измерения концентрации, состава, температуры и скоростей тепловых и сверхтепловых ионов в ионосфере, изучения явления «полярного ветра» (Франция).

Информация со спутника «Ореол-3» принимается тремя советскими наземными станциями и шестью станциями, контролируемыми Национальным центром космических исследований Франции.

В августе—сентябре 1981 г., помимо советско-французского спутника «Ореол-3», с аналогичными научными задачами были запущены еще три спутника: упоминавшийся «Интеркосмос — Болгария 1300» (СССР, Болгария) и два «Дайнэмикс Эксплорер» (США). Это позволяет одновременно в различных областях околоземного пространства собирать информацию, необходимую для понимания сложного механизма солнечно-земных и магнитосферно-ионосферных связей.

20 ноября 1981 г. в Советском Союзе при помощи советской ракеты-носителя был запущен индийский спутник «Бхаскара-2». Ракета-носитель вывела спутник весом 435 кг на орбиту 557×514 км, наклонением 50,7° и периодом обращения 95,2 мин.

Спутник предназначен для исследования природных ресурсов Земли с помощью телевизионной аппаратуры и микроволновых радиометров, разработанных и изготовленных специалистами Индии. На спутнике установлены: 2 телевизионные камеры, функционирующие в видимом (0,54—0,66 мкм) и инфракрасном (0,75—0,85 мкм) диапазонах спектра, с разрешающей способностью изображения 1 км; 3 микроволновых радиометра «Самир» (рабочие частоты — 19,35; 22,235 и 31 ГГц; разрешающая способность по температуре — 1 К); аппаратура для сбора данных с наземных буев.

Кроме того, на спутнике установлены экспериментальные терморегулирующие покрытия и элементы солнечных батарей.

Спутник «Бхаскара-2» создан при научно-технической помощи Советского Союза. Советская сторона не только предоставила ракету-носитель и обеспечила запуск, но и изготовила для спутника систему управления скоростью вращения, бортовое запоминающее устройство, панели солнечных батарей и химическую батарею в системе электропитания.

«Энциклопедия космонавтики»

В 1981 г. Академическое издательство (*Akadémiai Kiadó*) и Военное издательство имени Зрини (*Zrinyi Katonai Kiadó*) в Будапеште выпустили в свет однотомную «Энциклопедию космонавтики» (*„Űrhajózási Lexikon"*)* на венгерском языке.

«Энциклопедия космонавтики», вышедшая в ВНР в 1981 г.

* Главный редактор издания — И. Алмар (его статья «Искусственные спутники и верхняя атмосфера Земли» помещена в ежегоднике «Наука и человечество. 1975»); заместитель главного редактора — А. Хорват (его статья «Наблюдения искусственных спутников Земли» помещена в ежегоднике «Наука и человечество. 1979»). — *Ред.*

СТО ЛЕТ НАЗАД

РОССИЯ. Моряк лейтенант Л. Добротворский изобрел воздушный корабль, в основание устройства которого положена идея подъема воздушных шаров. Два воздушных шара расположены по сторонам остова корабля и соединяются кранами с особыми резервуарами для сгущения водорода, находящимися на самом корабле. При помощи этих приспособлений является возможным по желанию уменьшать и увеличивать объем воздушных шаров, т. е. подъемной силы, вследствие чего возможно удерживать корабль на желаемой высоте. Движение корабля производится при помощи воздушного винта, двигательная машина, в свою очередь, приводится в движение [illegible] а силою взрывчатого вещества, запас которого тяжеловесен. Л. Добротворский на изобретенном воздушном корабле намерен достигнуть С. полюса.

Это крупнейшее среди подобных изданий в мире, вышедших до 1981 г. включительно. Его характеризуют такие цифры: объем — 1000 с. плюс приложение из более чем 200 фотоиллюстраций (в основном это цветные и черно-белые изображения Земли, Луны, Венеры, Меркурия, Марса, Юпитера, Сатурна и их спутников, полученные с помощью космических средств); количество статей — более 2500; иллюстраций в тексте — более 1500 (портреты, фотографии, карты, схемы, рисунки). В приложении также даны сводные таблицы: важнейших событий истории астрономии и космонавтики (начиная с III тысячелетия до н. э.); запусков всех искусственных космических объектов с 1957 по 1980 г. включительно; одномасштабных схематических рисунков ракет-носителей, использовавшихся и используемых в космических исследованиях и др.

Расположенные в алфавитном порядке статьи характеризуют результаты исследования космоса за 24 года. В издании предпринята попытка обобщить все известные результаты исследовательских программ как отдельных запусков, так и их серий, дать описание всех проводившихся экспериментов. Здесь можно найти статьи, посвященные отдельным научным, техническим, прикладным направлениям космонавтики; космическим программам всех когда-либо участвовавших в космической деятельности стран; истории и структуре работающих в этой области международных и национальных организаций, центров, научно-исследовательских учреждений и т. д. (КОСПАР, МАФ, Звездный городок, ЦУП, Байконур, ИКИ АН СССР, Астросовет АН СССР, НАСА, ЕСА и др.); наконец, биографические справки о всех космонавтах и астронавтах, видных ученых и деятелях, работавших или работающих в этой области.

Больше половины книги посвящено истории и результатам советской космонавтики. Подробно описаны полеты и эксперименты на серийных советских космических станциях, кораблях, спутниках («Космос», «Союз», «Салют», «Луна», «Венера», «Марс» и т. д.).

Еще одна большая тема — это программа «Интеркосмос». Сотрудничество социалистических стран по исследованию космоса отличает разнообразие постановки исследовательских задач, комплексность и результативность их решения. В нем активное участие принимают СССР, ВНР и другие страны содружества. Этапным для него стали полеты международных экипажей на советских космических кораблях и станци[illegible] [illegible]твенно, важное [illegible] венгер[illegible] полет

АСТРОНОМИЯ

Наблюдение полного солнечного затмения 1981 г.

Полное солнечное затмение 31 июля 1981 г. было видимо только с территории СССР и на заходе Солнца в нейтральных водах Тихого океана. Полоса полной фазы шириной от нескольких десятков до 100 км протянулась от восточного побережья Черного моря через Каспийское море, Казахстан, Сибирь, Сахалин. Лунная тень промчалась вдоль этой трассы со скоростью сверхзвукового самолета, и неподвижный наблюдатель, находившийся в полосе полной фазы, мог наблюдать затмение максимум две с небольшим минуты.

Как происходят солнечные затмения? Видимые размеры Луны могут быть несколько больше видимых размеров солнечного диска, и в эпоху новолуния тень от Луны может попасть на земную поверхность. Размеры лунной тени иногда превышают 200 км. Из-за относительного движения Солнца и Луны тень перемещается с запада на восток, «вычерчивая» полосу полной фазы затмения. Скорость движения тени составляет около 1 км/с. Во время затмения 1973 г. в Африке французские ученые «гнались» за лунной тенью на сверхзвуковом самолете «Конкорд», и им удалось продлить полную фазу до одного часа*. Вне полосы полной фазы, в области полутени, солнечное затмение наблюдается как частное, т. е. Солнце закрывается не полностью, по виду напоминая лунный серп (месяц). Несмотря на большую протяженность полоса полной фазы занимает малую долю земной поверхности (около 1/1000). Этим и объясняется редкость полных затмений в определенном географическом пункте. Солнечные затмения могут быть предсказаны методами современной небесной механики с большой точностью за много лет вперед: ошибка не превышает секунды для данного места земного шара. Такие расчеты, разумеется, могут быть сделаны и для прошлого, и они находят применение в исторической науке. Например, упоминание известного греческого писателя и историка I—II в. Плутарха о полном затмении дало возможность историкам разобраться в сложной системе римского счета времени (астрономы вычислили, что это затмение произошло 20 марта 71 г.).

Для чего ученые наблюдают солнечные затмения? Особую ценность имеют наблюдения полного затмения, когда яркий диск Солнца закрывается Луной, небо темнеет, уменьшая свою яркость в сотни раз, и на нем становятся видны яркие звезды и планеты. Только тогда во всех деталях становится видимой солнечная корона — внешняя часть солнечной атмосферы. Корона состоит из очень разреженного газа, нагретого до температуры в миллион и более градусов При такой температуре атомы газа распадаются на ядра и электроны (ионизуются) Вещество короны состоит в основном из водорода с примесью гелия и более тяжелых элементов Высокая температура коронального газа приводит к тому, что он интенсивно излучает ультрафиолетовые и рентгеновские лучи, активно воздействующие на верхние слои земной атмосферы Эти слои, охватывающие высоты от 70 до 400 км, называются ионосферой; они определяют коротковолновую радиосвязь. Кроме того, газ короны непрерывно течет от Солнца — «дует» так называемый «солнечный ветер», представляющий собой потоки частиц (атомных ядер и электронов), которые достигают Земли со скоростями до 1000 км/с. Лучистый вид короны определяется характером магнитного поля Солнца. Между прочим поведение ионизованного газа высокой температуры в магнитном поле представляет собой актуальную проблему современной науки, связанную с использованием управляемых термоядерных реакций.

Яркость солнечной короны гораздо меньше (в миллион раз) яркости Солнца, поэтому вне затмения корону наблюдать практически невозможно этому препятствуют яркое небо и рассеянный в оптике телескопа свет Лишь применяя специальные методы искусственных затмений, можно зарегистрировать излучение ярких частей короны, однако далеко не с такой эффективностью, как во время естественных затмений

Как готовятся ученые к наблюдениям затмения? Вначале составляется программа научных исследований и конструируется необходимая аппаратура. Такая подготовка может занимать несколько лет. Экспедиция, оснащенная научным и другим необходимым оборудованием, прибывает на заранее выбранное место и приступает к развертыванию приборов Фактически строится специальная солнечная обсерватория. Но от обычной работы в обсерватории наблюдения во время затмения отличаются прежде всего тем, что проводятся в строго определенное время и что это время весьма мало. Действия наблюдателей рассчитываются с точностью до секунды. Иногда из-за непредвиденных обстоятельств (плохая прозрачность земной атмосферы, выход из строя каких-либо частей аппаратуры) программу наблюдений приходит-

* См. ежегодник «Наука и человечество. 1975», с. 336—337, 354. — [illegible]).

ся менять на ходу, что требует от наблюдателей большого опыта и самообладания. Наблюдения обычно ведутся под счет секунд, заранее записанный на магнитофон. Облачная погода может свести на нет все усилия по подготовке оптических наблюдений. Несмотря на все это, как говорится, игра стоит свеч: научный вклад, полученный за те несколько часов, в которые складываются минуты наблюдений всех затмений, трудно переоценить. Практически все сведения о физической природе верхних слоев солнечной атмосферы основываются именно на этих наблюдениях.

Вдоль полосы полной фазы затмения 1981 г. наиболее крупные экспедиции расположились в следующих местах: в районе городов Целинограда, Ленинска-Кузнецкого (Кемеровская область), Красноярска, Братска; у северной оконечности Байкала; на Байкало-Амурской магистрали; у нижнего течения Амура; на северном Сахалине. Экспедиции снарядили ученые из Москвы, Ленинграда, Киева, Алма-Аты, Одессы, Иркутска и других городов. Для содействия работе экспедиций при Академии наук СССР был создан специальный Комитет по организации наблюдений солнечного затмения 31 июля 1981 г. Наблюдать затмение также прибыли ученые и любители астрономии из многих стран: Англии, США, Франции, ФРГ, Японии.

Крупная комплексная экспедиция СССР и Франции расположилась в 70 км от Целинограда, близ поселка Шортанды. Она была организована в рамках сотрудничества Парижского астрофизического института (ПАИ) и Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн АН СССР (ИЗМИРАН). Это научное сотрудничество ведется по крайней мере уже в течение 10 лет, и его основное направление — исследование верхних слоев солнечной атмосферы: короны, протуберанцев и хромосферы. В последние годы ПАИ и ИЗМИРАН принимают участие в советско-французской программе космических исследований на пилотируемой орбитальной станции.

Научно-исследовательские работы лаборатории солнечной активности ИЗМИРАН и лаборатории солнечной физики ПАИ тесно связаны с наблюдениями затмений. Удачные наблюдения были проведены во время солнечных затмений 1968 г. (СССР), 1970 г. (Мексика), 1972 г. (СССР), 1973 г. (Африка).

Солнечное затмение 31 июля 1981 г. на Кавказе (взгляд с Запада на Восток). Сильно вытянутая лунная тень стремительно движется от Черного моря к Каспийскому. Рисунок М. А. Варламова

Солнечная корона в свете линии 13-кратно ионизованного железа. Снимок получен Г. М. Никольским (СССР) с помощью аппаратуры, снабженной эталоном Фабри—Перо и электронно-оптическим усилителем яркости. См. также иллюстрации на с. 300—301.

Подготовка к наблюдениям солнечного затмения 1981 г. была начата в 1979 г. Советские и французские ученые объединили свои силы, чтобы полностью охватить самые разнообразные астрофизические задачи, решаемые при наблюдениях затмений. В основном темы исследований выбирались так, чтобы они не вполне совпадали, а перекрывались, взаимно дополняя и контролируя друг друга. При подобной постановке дела можно рассчитывать на получение новых результатов.

Одной из важнейших задач подготовки был выбор места расположения экспедиции. При этом учитывался ряд факторов: метеорологические условия, астрономические обстоятельства хода затмения, качество изображений. Оптимальным местом, попадающим в полосу полной фазы, по общему мнению, оказался Казахстан. В северо-восточной части Казахстана (Целиноградская область) по многолетним метеорологическим данным в конце июля — начале августа небо практически всегда безоблачное, а время затмения — утренние часы при достаточной высоте Солнца над горизонтом (25°) — гарантирует хорошее качество изображений, так как почва и прилегающие к ней слои воздуха не успевают нагреться и отсутствует интенсивное перемешивание воздушных масс, ведущее к порче изображений. Площадка экспедиции была выбрана на достаточном удалении от промышленных объектов, загрязняющих атмосферу, и практически в центре полосы полной фазы затмения.

Несколько подробнее об общей программе и задачах франко-советской экспедиции 1981 г.

1. В связи с проблемой переноса энергии из нижележащих слоев солнечной атмосферы в корону большое внимание уделялось изучению внутренней короны с высоким пространственным разрешением. Проблема состоит в том, что обычно рассматриваемый механизм переноса энергии — волновое движение — малоэффективен и не может компенсировать потерю энергии короной за счет корпускулярного и электромагнитного излучений. По-видимому, перенос энергии осуществляется посредством прямой связи тонкострук-

турных элементов хромосферы с короной (яркие хромосферные и корональные выступы).

2. Большой интерес представляет исследование эмиссионного излучения короны, его поляризации и структуры, что дает информацию о магнитных полях. Динамика солнечной короны до настоящего времени не понята в деталях. Форма и смещение корональных линий изучались с применением эшельного спектрографа с большим спектральным диапазоном и интерферометра с электронно-оптическим усилителем яркости.

3. О многом говорят цвет и структура внешней короны. Взаимодействие электронной короны с пылевой средой межпланетного пространства и загадочное присутствие пылевых кольцевых зон в короне на сравнительно малых расстояниях от Солнца (4—10 его радиусов) не получили до сих пор исчерпывающего объяснения. Советско-французской экспедицией впервые были проведены широкие спектрозональные исследования внешней короны: от синей области спектра до инфракрасной. С этой целью использовались различные фотоэмульсии (цветная и инфракрасная пленка), а также телевизионные наблюдения с инфракрасным видиконом. Сопоставление полученных результатов с данными по предыдущим затмениям может дать ответ на вопрос о связи пылевых частиц в короне с солнечной активностью.

4. По специальной программе проводились фотоэлектрические поляризационные наблюдения на двух поляриметрах, конструкция которых была разработана ИЗМИРАН и Абастуманской астрофизической обсерваторией. Поляриметры предназначены для быстрой регистрации (25 точек в секунду) интенсивности короны, поляризованной составляющей излучения и угла положения плоскости поляризации. Электронная память позволяет запомнить данные в 2000 точках, которые расположены на спирали, развертывающейся вокруг Солнца. Измерения охватывают большой интервал расстояний: от внутренней до внешней короны. Эти данные позволят изучить геометрию корональных структур, а также исследовать соотношение поляризационных свойств коронального газа и межпланетной пыли.

Экспедиция прибыла на место 17 июля. Оставшиеся до затмения дни ее участники интенсивно готовились к наблюдениям. Работа продолжалась и ночью, когда проводились фокусировка аппаратуры по звездам и ее калибровка по Луне.

Затмение прошло на практически безоблачном небе (небольшие облака наблюдались вблизи горизонта). Полное затмение (второй контакт) наступило, как и ожидалось, в 2 часа 29 минут 52 секунды всемирного времени. Продолжительность полной фазы затмения из-за впадины на лунном крае сократилась на 3 с и составила 75 с. Программа практически на всех инструментах была выполнена.

«Сейсмическое зондирование» солнечных недр

В последние несколько лет в физике Солнца появилось новое направление исследований, которое все чаще называют гелиосейсмологией. Высокоточные наблюдения позволили обнаружить в фотосфере и атмосфере Солнца колебания с периодами от нескольких минут до нескольких часов. Одни колебания, короткопериодические, выглядят как дрожание различных участков солнечной поверхности с размерами в 5—10 тыс. км, а другие охватывают более обширные области. Такие периодические движения и изменение других наблюдаемых характеристик определяют по измерениям лучевой скорости (т. е. скорости движения вещества вдоль луча зрения), интенсивности излучения и диаметра солнечного диска.

Анализ большинства наблюдений привел астрономов к заключению о существовании глобальных колебаний Солнца. Даже пятиминутные осцилляции, считавшиеся раньше чисто атмосферным эффектом, в последнее время интерпретируются как некоторые виды глобальных нерадиальных колебаний. С теоретической точки зрения, характер колебаний и, в частности, их периоды сильно зависят от распределения плотности и других физических параметров внутри Солнца. Поэтому можно говорить о новом мощном средстве изучения солнечных недр, сходном с сейсмическим анализом собственных колебаний Земли и не менее эффективном, чем, скажем, эксперименты по улавливанию солнечных нейтрино.

Наиболее интересными представляются 160-минутные осцилляции, обнаруженные в 1974—1976 гг. группой академика А. Б. Северного с помощью магнитографа, установленного на башенном солнечном телескопе Крымской астрофизической обсерватории АН СССР.

Оказалось, что центральная часть солнечного диска в отличие от его краевой зоны испытывает периодические смещения в направлении наблюдателя с амплитудой изменения лучевой скорости около 2 м/с. Это соответствует колебаниям поверхности Солнца в пределах 10 км (менее одной стотысячной солнечного диаметра).

Продолжение наблюдений в последующие годы подтвердило как существование осцилляций, так и их строгую периодичность. 160-минутные колебания были обнаружены также английскими и американскими астрономами, причем некоторые их наблюдения проводились одновременно с наблюдениями в Крыму. Эти синхронные наблюдения согласуются между собой по фазе колебания, что служит еще одним доводом в пользу его солнечной природы.

Наряду с успешными наблюдениями пульсаций Солнца было и много отрицательных результатов. Противоречия в данных объясняются тем, что амплитуды наблюдаемых изменений близки к пределу обнаружения.

В начале 1980 г. был выполнен уникальный эксперимент по изучению колебаний Солнца: группа французских исследователей при участии американских коллег провела наблюдения с антарктической станции «Скотт—Амундсен», расположенной на Южном полюсе.

Наблюдения с полюса имеют ряд неоспоримых преимуществ: в течение полярного дня незаходящее Солнце находится практически на постоянной высоте над горизонтом, что обеспечивает непрерывные ряды наблюдений и устраняет многие инструментальные и атмосферные эффекты. Повышению точности наблюдений способствуют также высокая прозрачность

СТО ЛЕТ НАЗАД

АНГЛИЯ. Известному исследователю солнечного спектра Вильяму Гюгинсу удалось при помощи фотографии получить изображение солнечной короны. До сих пор солнечная корона была доступна наблюдателю только в течение нескольких минут полного солнечного затмения. Это делает понятным, какой высокий интерес связывается с этим новым открытием. Гюгинс для своих изысканий брал рефлектор в 6 дюймов в диаметре и с фокусным расстоянием в 3,5 фута. К рефлектору была прикреплена фотографическая камера, в которой, непосредственно перед стеклянной плиткой, была помещена поглощающая середина, состоящая из нескольких цветных стекол. Гюгинс таким путем сделал множество снимков короны.

«Нива»

АНГЛИЯ. Сверлильная машина для тоннелей, приводимая в движение электричеством. Сообщается об удачных опытах над вращательной машиной для сверления тоннелей, приводимой в движение электричеством. Есть полное основание полагать, что электрическая сила, передаваемая на расстояние, получит весьма широкое применение к подземным работам этого рода.

холодной атмосферы и однородность поверхности полярного плато, находящегося на высоте свыше 3000 м над уровнем моря.

Наблюдения доплеровского смещения линии натрия в спектре всего солнечного диска относительно эталонного лабораторного источника проводились непрерывно в течение пяти суток. Результаты эксперимента подтвердили существование глобальных 160-минутных осцилляций, согласующихся по фазе и амплитуде с крымскими данными.

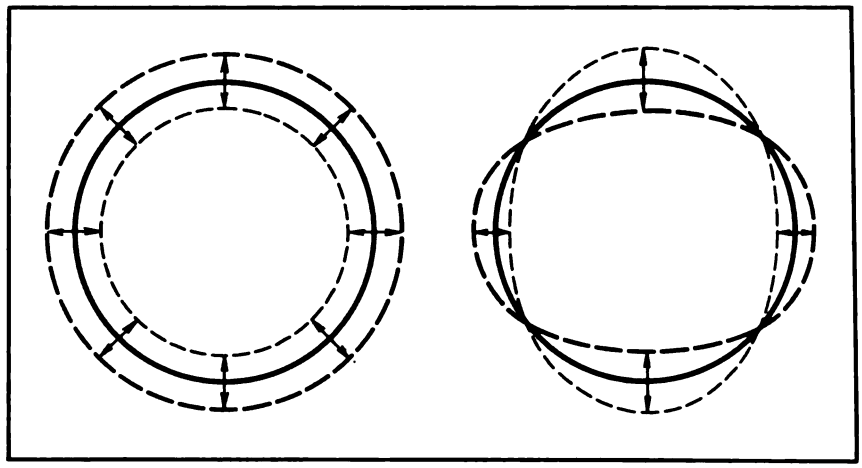
Каковы же достижения теории в интерпретации наблюдений?

Для сравнения с экспериментом необходимо прежде всего построить модель Солнца, то есть определить, как изменяются основные физические параметры (плотность, температура и т. д.) вдоль радиуса. Затем нужно исследовать собственные механические колебания такой модели, возникающие при небольших отклонениях от состояния равновесия, и сравнить полученные характеристики, в частности периоды, с наблюдаемыми.

Классическая теория внутреннего строения звезд позволяет получить так называемую стандартную модель Солнца, которая строится на основе известных законов поглощения излучения веществом и выделения энергии в термоядерных реакциях превращения водорода в гелий. Для этого решают систему дифференциальных уравнений гидростатического равновесия, непрерывности, энергетического баланса и теплопереноса с соответствующими граничными условиями. Вследствие термоядерных реакций постепенно меняются химический состав недр, а также, естественно, и значения других параметров Солнца. Начальные данные подбирают таким образом, чтобы модель, соответствующая радиусу и светимости Солнца, «имела возраст» около 4,5 млрд. лет. Температура в центре такой стандартной модели составляет 14—15 млн. градусов, а плотность в 120—150 раз больше плотности воды. Во внешних слоях перенос энергии осуществляется в основном конвекцией, и протяженность конвективной зоны от поверхности вглубь — порядка одной пятой радиуса.

Какие осцилляции может испытывать такая стандартная модель?

Простейшие из них — радиальные колебания, когда все Солнце периодически расширяется и сжимается. Они обусловлены эффектами сжимаемости вещества и по своей природе подобны обычным звуковым волнам. Большая плотность вещества в центре приводит к тому, что относительные амплитуды колебаний в глубоких недрах пренебрежимо малы, поэтому за пульсации ответственны внешние слои. Подходящим для объяснения [illegible] ей может быть известный [illegible]ным зон неполной [illegible] и гелия, эффективно действующий в классических переменных звездах.



Радиальные (слева) и квадрупольные нерадиальные (справа) колебания сферы в проекции на плоскость. Сплошная линия соответствует состоянию равновесия, штриховые линии показывают форму тела в моменты, отстоящие от равновесного состояния на полпериода

Гипотеза радиальных колебаний в принципе способна объяснить пульсации с периодами около часа и менее. Неприемлемость ее для интерпретации многих полученных данных связана не с периодами, а с наблюдаемым горизонтальным масштабом колебаний, свидетельствующим об отсутствии сферической симметрии в движениях.

Что же касается 160-минутных колебаний, то для них горизонтальная картина пока не выявлена, и здесь можно говорить только о периоде. Если пытаться получить такой период, считая колебания радиальными, то необходимо радикально изменить представления о строении Солнца. Так, совершенно нефизическая модель с постоянной по всему объему плотностью дает период 167 мин. Эта курьезная оценка, приведенная в первой статье о наблюдаемых пульсациях, породила много разговоров о крахе теории внутреннего строения звезд, что подогревалось еще и отрицательными результатами по обнаружению солнечных нейтрино. Однако в действительности существуют некоторые виды нерадиальных пульсаций с подобными периодами.

Нерадиальные колебания наряду со своей непростой горизонтальной структурой (одни части поверхности поднимаются, другие в то же самое время опускаются) имеют и значительно более сложный набор собственных частот. Вследствие того что для таких колебаний возвращающей силой может быть не только давление (эффекты сжимаемости), но и сила тяжести, можно выделить два класса нерадиальных осцилляций: так называемые акустические и гравитационные моды.

Акустические колебания по своей природе сходны с радиальными пульсациями, их периоды меньше, чем у соответствующих сферически-симметричных аналогов. Гравитационные моды обусловлены эффектами выталкивающей силы вследствие изменения плотности с глубиной. Элемент объема газа, попавший в более плотные слои, выталкивается силой плавучести вверх — точно так же, как погруженный в воду поплавок. Проскочив свое положение равновесия, элемент объема будет затем опускаться и т. д. Чтобы не путать эти колебания с гравитационными волнами, предсказываемыми общей теорией относительности, их иногда называют внутренними гравитационными колебаниями, или волнами плавучести.

Гравитационные колебания имеют бóльшие периоды, чем акустические, и можно подобрать несколько колебаний разного горизонтального масштаба с периодами около 160 мин. Характерная особенность гравитационных мод заключается в том, что они имеют значительные амплитуды в недрах Солнца. Поэтому основным механизмом, поддерживающим колебания, могут быть термоядерные реакции, течение которых сильно зависит от температуры и плотности. Эта же чувствительность гравитационных мод к внутренней структуре делает их особенно эффективными для диагностики солнечных недр.

Нерадиальные колебания стандартной модели Солнца успешно объяснили многие виды наблюдаемых пульсаций, например пятиминутные осцилляции разного масштаба.

Разнообразие нерадиальных колебаний ставит и свои теоретические вопросы. Однако они не связаны с коренной ревизией теории внутренне-

работки и научно-исследовательских работ на базе имеющейся информации.

Все имеющиеся в Советском центре каталоги систематизированы в соответствии с классификацией, разработанной в Страсбурге. Одно из важных направлений его деятельности — создаваемая сейчас служба исправления ошибок, обнаруживаемых в опубликованных и машинных версиях каталогов.

Для успешного распространения в СССР астрономических данных, представленных на машинных носителях, информация об оказываемых центром услугах и об имеющихся возможностях работы с массивами данных регулярно рассылается во все обсерватории. Центр проводит копирование данных, делает различного рода выборки, дает консультации и оказывает практическую помощь в унифицированной подготовке советских астрономических каталогов.

В настоящее время ряд советских астрономических каталогов записан на магнитных лентах и передан в Страсбург. Советский центр также проводит запись каталогов, подготовленных в ВНР и ЧССР.

Данные из каталогов привлекаются для решения широкого класса астрономических задач. Применение ЭВМ позволяет существенно повысить эффективность такой работы, избежать случайных ошибок, допущенных в процессе обработки данных, без особых усилий повторно обрабатывать материал (что весьма существенно для больших каталогов, содержащих несколько десятков или даже сотен тысяч звезд), включать в процедуру анализа данных сложные алгоритмы редукций, которые при ручной обработке практически неприменимы, наконец, оно дает широкие возможности для массового использования комбинированных данных, полученных путем слияния нескольких разнотипных каталогов.

Ряд исследований, проводившихся на основе каталогов Советского центра, уже завершен; получены фундаментальные результаты, касающиеся, в частности, строения Галактики, эволюции звездных скоплений, химической эволюции звезд.

Проблема поиска внеземных цивилизаций

Первое всесоюзное совещание по проблеме внеземных цивилизаций (ВЦ) было проведено в 1964 г. в Бюраканской астрофизической обсерватории АН АрмССР. За прошедшие годы в СССР состоялся еще ряд форумов, посвященных этой проблеме, в том числе международная конференция, проходившая в 1971 г. там же в Бюракане*, и два симпозиума 1981 г.: тематический «К. Э. Циолковский и научные проблемы поиска внеземных цивилизаций» (Чтения К. Э. Циолковского. Калуга, сентябрь) и всесоюзный на тему «Поиск разумной жизни во Вселенной (Таллин — *SETI*-81)» (декабрь). В работе последнего участвовало более 200 советских и зарубежных ученых.

SETI — Search for Extraterrestrial Intelligence переводится как поиск внеземного разума (внеземных цивилизаций). В последние годы это обозначение приходит на смену ранее употреблявшемуся термину *CETI — Communication with Extraterrestrial Intelligence*, т. е. связь с внеземными цивилизациями (внеземным разумом). В этом есть своя логика, поскольку поиск в той или иной форме должен предшествовать установлению связи.

Что же было сделано за это время? Прежде всего сформулирована задача исследований; очерчен более или менее точно круг относящихся к ней проблем; намечены основные направления поисков. В СССР и США выполнено несколько экспериментальных работ по обнаружению сигналов в радио- и оптическом диапазонах.

Закономерен вопрос: почему до сих пор не обнаружены сигналы ВЦ и не означает ли это, что мы единственные разумные существа во Вселенной? Отвечая на него, нужно прежде всего учесть следующее: не говоря уже о том, что ВЦ могут не передавать радиосигналы, обнаружение их сопряжено с огромными трудностями. Нам приходится сталкиваться с целым набором неопределенностей. Мы не знаем точно, на каких частотах и даже в каком диапазоне следует искать сигналы, каковы направления и время их прихода, мощность передатчика, поляризация, тип модуляции и т. д. Далее мы, по существу, даже не приступили к настоящим поискам. Проведенные до сих пор эксперименты, несмотря на всю их значимость, носят лишь предварительный характер. В них проверяются отдельные рабочие гипотезы, отрабатываются методы, уточняется сама постановка задачи, намечаются новые направления.

Вместе с тем за прошедшие годы полнее проявились и яснее осознаны трудности решения этой сложной многогранной проблемы. На смену неумеренному оптимизму (И. С. Шкловский остроумно назвал его подростковым оптимизмом) и нигилистическому отрицанию (тоже свойственному подростковому возрасту) приходит трезвый деловой подход, готовность к серьезному терпеливому исследованию. В свете приобретенного опыта все яснее становится необходимость самого широкого подхода к этой проблеме, привлечения к ее решению большого круга специалистов, поиска в самых различных направлениях, наконец, международного сотрудничества. Опираясь на современные естественнонаучные знания, проблема ВЦ не ограничивается естествознанием. Она тесно связана с философией, историей и другими гуманитарными науками. Это широкая общенаучная проблема. Она тесно связана с эволюцией нашей земной цивилизации, с развитием науки и культуры.

Острая дискуссия на симпозиуме развернулась по вопросу о существовании внеземного разума. Расширение границ наблюдаемого мира в наше время сопровождается осознанием того, что Вселенная как целое представляет собой единую систему, закономерно возникающую на определенном этапе эволюции материального мира. Оказалось, что космологические параметры Вселенной (например, расширение пространства и др.) удивительным образом приспособлены для возникновения жизни. Появился даже специальный термин — антропный принцип, который характеризует эти черты Вселенной. Более того, оказалось, что такие фундаментальные свойства материального мира, как численные значения констант четырех физических взаимодействий (гравитационного, электромагнитного, слабого и сильного), тесно связаны с антропным принципом: достаточно изменить значение любой из этих констант, и жизнь во Вселенной становится невозможной. Таким образом, Вселенная в целом оказывается чрезвычайно тонко приспособленной для существования жизни.

Однако сегодня можно говорить о новой волне «пессимизма», вызванной к жизни появлением работ, в которых обосновывается идея уникальности нашей цивилизации. Конечно, определенную роль здесь сыграли отрицательные результаты поиска сигналов. Другой аргумент основан на отсутствии наблюдаемых следов экспансии высокоразвитых цивилизаций. С одной стороны, он не представляется бесспорным, поскольку «диффузия» цивилизаций может быть гораздо более медленной, чем это предполагается. Об этом же говорят детальные расчеты, выполненные в последнее время. С другой — само по себе представление о неограниченном распространении развивающейся цивилизации в пространстве также не имеет под собой столь уж серьезных оснований. Такое предположение выглядит несколько упрощенным; развитие цивилизаций рассматривается как чисто количественный рост, не учитывается возможность принципиальных качественных скачков в развитии, отвергается эволюция в условиях равновесия с окружающей космической средой и т. д. Сегодня мы не имеем никаких достаточно убедительных доводов, которые заставляли бы нас принять или, наоборот, отвергнуть идею уникальности. Здесь необходимы дальнейшие теоретические и экспериментальные исследования, поскольку в этом во-

* См. «Наука и человечество. 1973», с. 342, 345. — *Ред.*

просе остается слишком много неясного; по существу, мы даже не знаем, как возникла жизнь на нашей собственной планете.

Представления о путях поиска внеземных цивилизаций также изменялись с течением времени.

Возможность межпланетных сообщений, как это хорошо известно, была научно обоснована К. Э. Циолковским в начале нашего века и спустя несколько десятилетий воплотилась в жизнь. Проблема межзвездных путешествий гораздо сложнее. Это одно из направлений, которое развивается и в рамках проблемы поиска внеземных цивилизаций, и безотносительно к ней как самостоятельная задача науки. В основном оно связано с разработкой релятивистской теории межзвездных перелетов, т. е. полетов с околосветовыми скоростями. В последние годы появились уже и конкретные проекты полета к ближайшим звездам, расчитанные на перспективу нескольких десятилетий.

Размышление над проблемами непосредственного контакта приводит к постановке вопроса о возможности посещения Земли в прошлом или настоящем представителями высокоразвитых внеземных цивилизаций. Если говорить о прошлом, то это направление сталкивается с определенными трудностями в виду двух крайних тенденций. Одна из них состоит в некритическом отношении к фактам, в склонности к слишком поспешным и неосновательным выводам. Другая отрицает саму постановку вопроса. Важная роль здесь принадлежит изучению накопленного за последние годы обширного материала, который заставляет нас во многом изменить наши представления о культуре древних цивилизаций. Возможно, мы склонны недооценивать уровень их научного и культурного развития и слишком поспешно объяснять неправдоподобно глубокие, с нашей точки зрения, знания древних либо мистификациями, либо позднейшими заимствованиями.

Еще большей остротой отличается проблема посещения Земли в настоящее время. В представлении широкой общественности эта проблема связывается с так называемыми неопознанными летающими объектами. Зачастую между ней и проблемой *SETJ* ставится знак равенства. Между тем такое отождествление неправомерно: если вторая из них с самого начала ставится как проблема поиска ВЦ, то первая предполагает изучение определенного класса аномальных явлений, наблюдаемых преимущественно в земной атмосфере. Существует несколько гипотез о возможной природе этих явлений, в том числе внеземная, которая связывает их с проявлениями ВЦ. Дальнейшее изучение должно внести ясность в этот вопрос.

Изучение возможностей непосредственного контакта занимает пока скромное место в данном круге вопросов. На первый план выдвинулось направление, связанное с поисками радиосигналов. Это вызвано крупными достижениями в области радиофизики и радиотехники, на основе которых стало возможным создание радиотелескопов с гигантскими антеннами и высокочувствительной приемной аппаратурой.

К настоящему времени число проведенных экспериментов перевалило уже за два десятка. С самого начала здесь наметились два пути: попытки поймать сигналы, используемые для внутренних нужд ВЦ («подслушивание»), и поиск сигналов, специально предназначенных для установления связи. В последнем случае, в свою очередь, выделяются две задачи: прием информативной передачи (космическое радиовещание) и поиск позывных. Кроме того, во всех случаях стратегия поиска сильно зависит от наших предположений о характере и уровне развития ВЦ. Здесь также наметились два подхода и соответственно две стратегии поиска. Первый ориентируется на поиск сверхцивилизаций, которые располагают мощностями, сопоставимыми с энергетическим выходом звезд, галактик, квазаров; второй — на поиск цивилизаций, близких по уровню к земной.

Для этих целей могут быть использованы и другие диапазоны электромагнитных волн, в первую очередь оптический. Так, например, в Специальной астрофизической обсерватории АН СССР предложен новый, оригинальный метод, основанный на анализе сверхбыстрой оптической переменности, разработан комплекс аппаратуры и предприняты первые попытки поиска подобных сигналов с помощью 6-метрового телескопа БТА. Оптический диапазон имеет и некоторые преимущества, и определенные недостатки по сравнению с радиоволнами. Основные его достоинства — это большая информативность, высокая пропускная способность и простота получения остронаправленного сигнала. Однако он малоэффективен для передачи позывных ВЦ (где не так важна пропускная способность и не требуется слишком острая направленность). Поэтому их целесообразно искать в радиодиапазоне, а для поиска информативной передачи, возможно, следует использовать оптическую или даже рентгеновскую области спектра.

Помимо электромагнитных волн принципиально возможны и иные физические носители сигнала: нейтрино, гравитационные волны, модулированные корпускулярные потоки. Допустимы и более экзотические способы связи, например генетический канал: высокоразвитые внеземные цивилизации могут закладывать информацию в генетическую структуру определенных организмов. Все подобные проекты пока целиком умозрительны, однако теоретические разработки в этой области, несомненно, представляют интерес.

Еще сложнее проблема использования внеземными цивилизациями каналов связи, основанных на пока неизвестных нам законах природы.

Было бы большой ошибкой рассчитывать на быстрый и легкий успех программ поиска ВЦ. Такое отношение к этой проблеме может привести лишь к преждевременному и неоправданному разочарованию. Однако независимо от результатов поиска исследования в этом направлении важны и потому, что они помогают нам взглянуть на нашу земную цивилизацию как бы со стороны — из космоса.

ФИЗИКА

Нобелевская премия по физике

Нобелевской премии по физике в 1981 г. удостоены американские физики Николас Бломберген (Nikolas Blombergen) и Артур Шавлов (Arthur Shavlov) за вклад в развитие лазерной спектроскопии и шведский физик Кай Зигбан — за вклад в развитие электронной спектроскопии.

Научные исследования Н. Бломбергена и А. Шавлова связаны в основном с квантовой электроникой и возникшими под ее влиянием нелинейной оптикой и лазерной спектроскопией.

Известно, что квантовая электроника, оказывающая революционизирующее воздействие на многие области науки и техники, была создана трудами советских и зарубежных ученых; за разработку принципиально нового метода генерации электромагнитного излучения, приведшего к созданию мазеров и лазеров, советским физикам Н. Г. Басову и А. М. Прохорову и американскому физику Ч. Таунсу в 1964 г. была присуждена Нобелевская премия по физике.

Н. Бломберген и А. Шавлов внесли существенный вклад в развитие квантовой электроники. Один из основных приборов квантовой электроники — квантовый парамагнитный усилитель был предложен Н. Бломбергеном в 1956 г. В основе этого прибора лежит парамагнитный резонанс на расщепленных постоянным магнитным полем низших уровнях парамагнитных ионов в кристаллах; инверсная заселенность получается по трехуровенной схеме, разработанной Н. Г. Басовым и А. М. Прохоровым в 1955 г. Реализация этих идей и создание

квантовых парамагнитных усилителей произвели подлинную революцию в электронике СВЧ-диапазона, позволили создать высокочувствительные приемные устройства, в частности качественно новую аппаратуру для радиоастрономических исследований с чрезвычайно низким уровнем тепловых шумов.

А. Шавлов в 1958 г. совместно с Ч. Таунсом выдвинул принципиальную схему лазера; в этой схеме возбуждаемая активная среда помещается в резонатор Фабри — Перо*, а оптическая накачка (возбуждение) среды осуществляется по упомянутой трехуровенной схеме. В 1959 г. А. Шавлов предложил использовать искусственно выращиваемые кристаллы рубина в качестве активной среды лазера. На таком кристалле в 1960 г. Т. Мейман построил первый в мире лазер.

Создание лазеров, обладающих высокой монохроматичностью и интенсивностью излучения, открыло широкие возможности развития оптики и спектроскопии, формирования качественно новых направлений. Работами Н. Бломбергена, а также советских физиков С. А. Ахманова и Р. В. Хохлова** были заложены основы нелинейной оптики; этот новый раздел оптики изучает явления, возникающие при высокой интенсивности света. После того как впервые удалось наблюдать генерацию второй гармоники рубинового лазера, Н. Бломберген в 1962 г. развил теорию нелинейного взаимодействия четырех световых волн в веществе. Эта теория позволила предсказать существование вынужденного комбинационного рассеяния света; такое явление вскоре было обнаружено экспериментально. Наряду с теоретическими работами Н. Бломберген выполнил целый ряд экспериментальных исследований, в которых ему удалось впервые наблюдать вторую гармонику рубинового лазера при отражении от полупроводникового кристалла, вынужденное комбинационное рассеяние в поле пикосекундных световых импульсов, эффекты вынужденного комбинационного рассеяния в газах и др.

Достижения нелинейной оптики и квантовой электроники, в особенности разработка лазеров с перестраиваемой частотой, привели к становлению нелинейной лазерной спектроскопии. Большие заслуги здесь принадлежат новым лауреатам Нобелевской премии.

Вскоре после создания твердотельных лазеров А. Шавлов выполнил, по существу, первые работы в области лазерной спектроскопии. Это были работы по спектроскопии лазерных кристаллов: в них было указано на возможность использования лазерных кристаллов для создания стабильных по частоте источников света. В 1961 г. он обратил внимание на эффект «выгорания дырки» в спектральной линии усиления лазерного кристалла; в дальнейшем аналогичный эффект был обнаружен в газах при низких давлениях.

В дальнейшем Н. Бломберген и А. Шавлов многое сделали для создания методов нелинейной лазерной спектроскопии, позволяющей осуществлять измерение тончайших спектроскопических эффектов внутри широкой доплеровской линии. Большой вклад в развитие этого направления, в разработку методов нелинейной лазерной спектроскопии внесли и советские ученые.

В 1974 г. Н. Бломберген и А. Шавлов независимо и одновременно экспериментально осуществили метод двухфотонной спектроскопии с использованием встречных волн (так называемый метод насыщения). Сущность его состоит в следующем. Исследуемое вещество облучается двумя волнами одинаковой частоты, распространяющимися навстречу друг другу, причем одна из них более интенсивная. Кванты излучения этой волны возбуждают атомы исследуемого вещества; при достаточно большой интенсивности волны число возбужденных и невозбужденных атомов выравнивается, так что достигается насыщение перехода. Если навстречу этой волне распространяется слабая волна, не вызывающая насыщения, то прохождение слабой волны резонансно возрастает. Это связано с тем, что слабая волна взаимодействует с атомами, возбужденными сильной волной. В опытах Н. Бломбергена и А. Шавлова, проводившихся с помощью импульсного перестраиваемого по частоте лазера на красителе, были исследованы узкие двухфотонные резонансы в атомах натрия, предсказанные в 1970 г. В. П. Чеботаевым и другими.

На основе метода насыщения создан наиболее эффективный способ стабилизации частоты газовых лазеров — по пику мощности генерации в лазере с внутрирезонаторной нелинейно-поглощающей ячейкой; метод такой ячейки был предложен в 1967 г. советскими физиками В. С. Летоховым, В. Н. Лисицыным и В. П. Чеботаевым и независимо американскими П. Ли и М. Школьником. Это позволило создать лазеры с чрезвычайно высокой относительной стабильностью частоты и, в свою очередь, поставить проблему единого эталона длины и времени.

Известны и другие эффективные методы нелинейной лазерной спектроскопии. К ним относятся различные методы, предложенные советскими учеными*.

Работы А. Шавлова последнего десятилетия посвящены методам нелинейной лазерной спектроскопии высокого разрешения, в том числе методам насыщения, двухфотонного резонанса, резонансной флуоресценции и др. Развитие этих работ позволило с наивысшей в настоящее время точностью определить значения различных спектроскопических констант атома водорода, в том числе постоянную Ридберга, лэмбовский сдвиг уровней.

Учеными предложены и развиваются новые методы лазерной спектроскопии сверхвысокого разрешения.

Высокую оценку получили работы К. Зигбана в области электронной спектроскопии.

Известно, что исследования энергетического спектра электронов, выбиваемых рентгеновским излучением, были начаты еще в первые десятилетия XX в., и их результаты стали одним из экспериментальных оснований создания квантовой теории атома. В дальнейшем же эти исследования не получили широкого развития, поскольку разрешение в электронной спектроскопии оставалось невысоким по сравнению с рентгеновской.

В начале 50-х годов К. Зигбан приступил к осуществлению программы

* Использование резонатора Фабри — Перо для квантовых генераторов было независимо предложено также А. М. Прохоровым в 1958 г.

** За работы в области нелинейной оптики Р. В. Хохлов и С. А. Ахманов были удостоены Ленинской премии 1970 г.

* За разработку таких методов В. С. Летохову и В. П. Чеботаеву присуждена Ленинская премия 1978 г.

СТО ЛЕТ НАЗАД

ФРАНЦИЯ. Известный электротехник Марсель Депре, задавшийся целью найти такое средство, которое давало бы возможность переносить действие электрической силы на большие расстояния, после долгих исследований и многократных опытов достиг в этом отношении поразительных результатов. В 14 верстах от города Гренобля существует водопад. Городской совет возымел мысль воспользоваться силою падающей воды для потребностей города посредством перемещения ее действия с помощью электричества. Депре установил свои передаточные приборы и в настоящее время достиг перемещения с места падения воды в середину города работы в 7 лошадиных сил, заставляющую действовать фонтан, лесопильный завод и типографский станок. Передаточное воздействие силы оказалось равным 60% ее первоначальной величины.

«Journal des Dèbats»

исследований энергетических спектров электронов, выбиваемых рентгеновским излучением. Он разработал электронный спектрометр с двойной фокусировкой и монохроматизацией рентгеновского излучения; прототипом спектрометра послужил созданный им же в 1946 г. бета-спектрометр с двойной фокусировкой для ядерной спектроскопии. С помощью этого спектрометра К. Зигбан получил электронные спектры с очень узкими линиями, максимумы которых соответствуют энергиям связи электронов в атомах; ширина таких линий приближается к естественной ширине линий. За последовавшее десятилетие им были определены энергии связи электронов для всех элементов периодической таблицы Менделеева. При этом оказалось, что точность определения энергий связи превосходит достигнутую в рентгеновской спектроскопии.

Поскольку электронные спектры весьма чувствительны к окружению излучающего атома, метод электронной спектроскопии стал эффективным средством изучения химических сдвигов, зависящих от характера связи, состава и структуры комплекса, с которым связан этот атом. Метод позволяет определять структурную формулу вещества. Благодаря высокой чувствительности метода электронной спектроскопии для анализа используется поверхностный слой толщиной порядка 10^{-7} см. Это дает возможность исследовать адсорбированные молекулы на поверхности, образование поверхностных пленок окислов, коррозию, кинетику поверхностных реакций и т. п.

Метод электронной спектроскопии для химического анализа (названный автором ЭСХА) работами К. Зигбана с сотрудниками доведен до совершенства. Созданный его трудами уникальный метод исследования и соответствующая аппаратура стали достоянием и обязательной принадлежностью лабораторий, проводящих исследования в области химии, физики поверхности, физики твердого тела.

Золотые медали имени М. В. Ломоносова

Президиум Академии наук СССР присудил высшую награду Академии в области естественных наук — золотую медаль имени М. В. Ломоносова 1981 г. академику В. А. Котельникову за выдающиеся достижения в области радиофизики, радиотехники и электроники и академику Сербской академии наук и искусств П. Савичу (Социалистическая Федеративная Республика Югославия) за выдающиеся достижения в области физики и химии.

Сфера научной деятельности В. А. Котельникова охватывает широкий круг проблем радиотехники и электроники, радиофизики и радиоастрономии, в развитие которых он внес большой вклад.

Фундаментальное значение для развития ряда направлений науки и техники имеют научные результаты, полученные В. А. Котельниковым в цикле работ, посвященных исследованию явлений в различных радиоустройствах. Уже в первых работах ученого, относящихся к середине 30-х годов, была сформулирована теорема о выборках. Эта теорема Котельникова используется в радиофизике и оптике, в теории цифровой обработки сигналов, в других областях науки и техники.

Широкую известность В. А. Котельникову принесли исследования в области помехоустойчивости систем связи. В результате этих исследований в середине 40-х годов была создана теория потенциальной помехоустойчивости, позволившая установить принципиальные ограничения в чувствительности радиоприемников, вызванные шумами. В этой работе была найдена для ряда случаев структура оптимальных приемников, были рассмотрены другие вопросы помехоустойчивости различных систем связи. Созданная В. А. Котельниковым теория явилась одной из основ современной теории передачи информации при наличии помех, она содействовала созданию теории информации. До настоящего времени эта теория не утратила актуальности.

Для научной деятельности В. А. Котельникова характерна тесная связь поисковых, фундаментальных исследований с нуждами промышленности. Крупнейшим достижением советской радиотехники в довоенные годы стала разработка под его руководством аппаратуры многоканальной однополосной радиосвязи на линии Москва — Хабаровск. В период Великой Отечественной войны руководимый им коллектив создал новые системы связи, а позднее — первые образцы аппаратуры управления и связи с космическими аппаратами. В. А. Котельников был дважды удостоен Государственной премии СССР.

Идеи В. А. Котельникова в области приема слабых сигналов послужили основой для развертывания радиолокационных исследований планет Солнечной системы, создания нового научного направления — планетной радиолокации. Это направление было непосредственно связано с развитием космической техники и развертыванием в СССР широкой программы космических исследований. Для обеспечения полетов космических аппаратов к планетам предстояло уточнить размеры Солнечной системы. До радиолокационных исследований основной масштаб Солнечной системы — среднее расстояние от Земли до Солнца (астрономическая единица), равное примерно 150 млн. км, было известно с точностью до десятков тысяч километров. Такая точность была явно недостаточна для уверенного управления полетом межпланетных автоматических станций.

Радиолокационные исследования планет Венера, Марс, Меркурий позволили уточнить масштаб Солнечной системы; современная планетная радиолокация дает возможность измерить астрономическую единицу с точностью до нескольких километров. Тем самым была существенно повышена точность расчетов траекторий полетов межпланетных автоматических станций. Радиолокационные наблюдения позволили с высокой точностью определить период вращения Венеры и установить направление вращения. Работы В. А. Котельникова и руководимого им коллектива в 1964 г. были отмечены Ленинской премией.

В. А. Котельникову принадлежит большая роль в развитии новых направлений радиотехники, радиофизики, электроники, в организации и координации фундаментальных исследований. Он возглавил исследования по созданию научных основ и конструированию малошумящих параметрических усилителей сверхвысоких частот на полупроводниковых диодах. По его инициативе в возглавляемом им Институте радиотехники и электроники АН СССР получили развитие работы в области изучения и освоения новых диапазонов волн — субмиллиметрового и миллиметрового, по созданию волоконно-оптических линий связи.

Научную деятельность академик В. А. Котельников сочетает с обширной научно-организационной работой. Большой вклад в общий прогресс советской науки, совершенствование форм ее организации он вносит на посту вице-президента Академии наук СССР. На протяжении почти десяти лет он возглавляет важную работу по прогнозированию и долгосрочному планированию науки и технического прогресса в стране; под его руководством Академией наук СССР, Государственным комитетом СССР по науке и технике и Госстроем СССР разрабатывается Комплексная программа научно-технического прогресса на 20 лет.

Заслуги В. А. Котельникова получили широкое международное признание. Он избран иностранным членом академий наук ГДР, ПНР, ЧССР, других иностранных научных организаций и обществ.

Академик Сербской академии наук и искусств Павле Савич — выдающийся югославский ученый в области физики и химии, обогативший своими исследованиями мировую науку.

Всеобщее признание получили уже ранние работы П. Савича, выполненные им в Институте радия в Париже на заре становления ядерной науки. Исследуя проблему нейтронного облучения урана и тория, П. Савич совместно с Ирен Жолио-Кюри уста-

новил, что одним из продуктов нейтронного облучения является редкоземельный элемент, а не трансурановый, как предполагали ранее. Этот результат в корне изменил принятое направление в развитии исследований и привел к одному из фундаментальных достижений физики XX в. — открытию деления ядер.

Важное значение в выявлении механизма деления ядер имело открытие П. Савичем первого газообразного радиоактивного элемента в продуктах деления, доказавшее справедливость его гипотезы об инертных газах как первичных продуктах такого процесса.

Блестящий экспериментатор, П. Савич участвовал в серии работ по определению значений важных ядерно-физических величин, необходимых при создании ядерных реакторов.

Под руководством и при участии П. Савича выполнены фундаментальные исследования в области физики низких температур.

Академик П. Савич — один из крупнейших организаторов научных исследований в СФРЮ. В 1947 г. П. Савич основал и долгие годы возглавлял Институт по изучению строения материи (впоследствии Институт ядерных исследований имени Бориса Кидрича), был заместителем председателя Комиссии по ядерной энергии Югославии, многие годы возглавлял Сербскую академию наук и искусств.

Профессор Белградского университета академик П. Савич много сил отдает воспитанию научных кадров.

Член Союза коммунистов Югославии с 1939 г., участник народно-освободительной войны в Югославии 1941—1945 гг., П. Савич занимает активную позицию в борьбе народов за мир.

Разносторонняя, плодотворная научная и общественная деятельность академика П. Савича получила признание мировой научной общественности: он избран иностранным членом АН СССР, ряда других иностранных академий и обществ.

Крупный вклад в оптику конденсированного состояния

В 1981 году Президиум АН СССР присудил золотую медаль имени П. Н. Лебедева члену-корреспонденту АН СССР К. К. Ребане за цикл работ по оптике и спектроскопии конденсированного состояния вещества. Отмеченные работы, во многом определившие развитие этой области физики в последние десятилетия, охватывают два направления.

К первому относятся исследования в области примесных оптических спектров твердых тел. К. К. Ребане развил общую теорию электронно-колебательных примесных спектров, учитывающую влияние колебаний кристаллической решетки на электронные переходы в кристаллообразующих атомах или молекулах. Теория позволила объяснить наблюдавшиеся ранее явления и предсказать ряд новых особенностей поведения спектров в различных условиях. На основе этой теории К. К. Ребане и его учениками было дано теоретическое обоснование квазилинейчатого характера примесных оптических спектров.

Квазилинейчатые спектры сложных органических соединений были открыты еще в 50-е годы Э. В. Шпольским с сотрудниками. Это явление, известное теперь как эффект Шпольского, состоит в том, что широкие полосы спектров поглощения и люминесценции сложных соединений в соответственно подобранных микрокристаллических матрицах при низких температурах расщепляются на сотни узких линий. К. К. Ребане дал теоретическое объяснение отсутствию размывания этих линий сплошным спектром фононов — квантов колебаний кристаллической решетки. Согласно этой теории, чрезвычайно узкие спектральные линии возникают при чисто электронных «бесфононных» переходах, а такие переходы представляют собой оптический аналог эффекта Мёссбауэра*. В этом случае амплитуды колебаний излучающих атомов меньше длины волны излучения.

Развитая ученым теория квазилинейчатых спектров дала единую трактовку образования и свойств спектров поглощения и люминесценции большого класса кристаллофосфоров, твердотельных лазерных материалов и молекул в замороженных матрицах.

К. К. Ребане с сотрудниками выполнил широкие экспериментальные исследования электронно-колебательной структуры примесных спектров, подтвердившие теоретически предсказанные фононные крылья у бесфононных линий в спектрах молекулярных систем Шпольского. Эти исследования бесфононных линий сложных молекулярных систем подтвердили выводы теории, обобщенной на спектры с неоднородным уширением. В результате возникло новое направление в изучении тонкоструктурных спектров биологически важных молекул. Благодаря высокой чувствительности и избирательности метод квазилинейчатых спектров позволяет решать задачи, подход к которым ранее был невозможен. Этим методом исследованы многие сложные органические молекулы. Получены ценные результаты, в частности, по спектрально-кинетическим свойствам хлорофилла, что важно для понимания фотохимических процессов в фотосинтезе. Разработаны эффективные методы количественного и качественного анализа, например, регистрации ничтожных количеств канцерогенных веществ.

К. К. Ребане с сотрудниками исследовал оптические спектры кристаллов, активированных различными молекулярными примесями. Он предложил использовать простые молекулы и молекулярные ионы, внедренные в решетку кристалла, как чувствительные зонды для детального исследования свойств кристалла и взаимодействия примеси с кристаллом. В этих работах были получены важные данные о примесных молекулярных ионах, кристаллах-основаниях и их взаимодействии.

Научное и практическое значение этих работ К. К. Ребане связано с широким применением методов оптической спектроскопии в физике твердого тела и использованием оптических свойств кристаллов, например в твердотельных лазерах.

Ко второму направлению его работ относятся исследования «вторичного свечения» кристаллов, т. е. свечения, возникающего при их оптическом возбуждении. Разработанная им совместно с В. В. Хижняковым теория вторичного свечения кристаллов, активированных примесями, внесла ясность в понимание того, как возникают различные виды вторичного свечения кристалла: релеевское и ком-

* См. статью Р. Мёссбауэра «Эффект RK и его значение для точных измерений» в ежегоднике «Наука и человечество. 1962». — *Ред.*

СТО ЛЕТ НАЗАД

ФРАНЦИЯ. В Ларошелле некто Брал пытался приготовить горючее вещество, возбуждающее электричество. Электрический ток производится сжиганием угля (вместо цинка в других гальванических элементах) под действием возвышенной температуры и окисляющим влиянием азотнокислого калия и натра. Внутренняя часть элемента состоит из двух призм, отделенных одна от другой пластинкой из асбеста. Одна из этих призм сделана из угля, другая из селитры. Под влиянием жара призма плавится и переходит в сыроподобное состояние. Как в уголь, так и селитру вкладывают по медной пластинке, выступающей с одной стороны элемента и образующей его полюсы; другой стороной элемент кладут в огонь. Одного элемента достаточно, чтобы привести в движение электрический звонок. Из большого количества таких элементов легко составить батарею.

«Polytechnisches Journal»

бинационное рассеяние света, равновесная люминесценция и предсказанная этой теорией так называемая горячая люминесценция. Вопрос о соотношении различных видов вторичного свечения, в частности, о соотношении между рассеянием света и фотолюминесценцией, рассматривавшийся еще в работах академика С. И. Вавилова, в последние десятилетия приобрел большую актуальность в связи с прогрессом лазерной спектроскопии. В соответствии с теорией К. К. Ребане вторичное свечение развивается во времени так: сначала происходит рассеяние света, а затем, до установления равновесия по колебательным степеням свободы, — «горячая» люминесценция. Обычная равновесная люминесценция, согласно этим представлениям, оказывается последней стадией вторичного свечения. На основе теории установлены критерии и условия выделения различных компонентов вторичного свечения.

Экспериментальные работы К. К. Ребане в этом направлении привели к открытию на целом ряде объектов предсказанной теоретически горячей люминесценции. В результате исследований этого явления в различных кристаллах создан новый оригинальный метод изучения быстропротекающих релаксационных процессов пикосекундного диапазона в веществе.

Корпускулярная диагностика высокотемпературной плазмы

Исследования по физике плазмы в последние десятилетия приобрели большое научное и практическое значение.

Чтобы «зажечь» термоядерную реакцию в смеси тяжелых изотопов водорода, необходимо создать плазму с температурой в десятки и сотни миллионов градусов и удерживать ее магнитным полем в течение десятых долей секунды (при плотности $\sim 10^{14}$ частиц на 1 см^3). Первые эксперименты по получению высокотемпературной плазмы с термоядерными параметрами в 50-х — начале 60-х годов оказались безуспешными. Выяснилось, что поведение горячей плазмы в магнитном поле характеризуется многими типами неустойчивости. Стало ясно, что только глубокое изучение высокотемпературной плазмы поможет овладеть энергией управляемого термоядерного синтеза.

Усилия ученых были направлены на то, чтобы как можно детальнее выяснить природу процессов, происходящих в веществе, нагретом до термоядерных температур. Исследования горячей плазмы осложнялись еще тем, что не существовало надежных методов и приборов для измерения такой температуры. Любой зонд, помещенный в плазму с температурой в миллионы градусов, испарялся или охлаждал ее. Необходим был бесконтактный, дистанционный «термометр», позволяющий определять температуру, «диагносцировать» плазму, не вызывая ее возмущения.

Наиболее эффективным методом оказалась так называемая корпускулярная диагностика, которая основана на изучении слабых потоков нейтральных атомов (корпускул), испускаемых горячей плазмой. За цикл работ «Корпускулярная диагностика высокотемпературной плазмы» коллектив ученых Физико-технического института им. А. Ф. Иоффе, Института атомной энергии им. И. В. Курчатова и Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова удостоен Государственной премии СССР 1981 г. в области науки и техники.

Плазма, нагретая до температуры в миллионы градусов, непрерывно испускает потоки электромагнитного излучения в видимой части спектра, ультрафиолетовые и рентгеновские лучи, потоки электронов и атомных частиц. Подобно тому как по регистрируемому от Солнца и звезд электромагнитному излучению можно определять их химический состав, излучение высокотемпературной плазмы в лабораторных установках позволяет следить за происходящими в ней процессами. Для регистрации электромагнитного излучения существуют точные и надежные приборы. Вместе с тем оказалось, что богатую информацию о параметрах плазмы, о происходящих в ней процессах несут потоки нейтральных атомов.

Идея использовать потоки нейтральных атомов водорода, выходящих из горячей плазмы, для определения температуры ионов была высказана более двадцати лет назад учеными Физико-технического института. Дело в том, что энергетическое распределение атомов водорода, образующихся при перезарядке ионов плазмы, связано простой зависимостью с энергетическим распределением ионов в плазме и близко к нему. Сейчас в институте разработаны методы регистрации и исследования испускаемых плазмой нейтральных атомных частиц, созданы анализаторы, позволяющие измерять температуру водорода в горячей плазме. Разработана методика искусственного стимулирования потока частиц из определенной точки плазмы и, следовательно, измерения локальной температуры водорода (порядка миллионов градусов).

Методы корпускулярной диагностики дают возможность измерять и контролировать не только температуру, но и другие важные параметры ионов в термоядерных установках, в том числе интенсивность, массовый состав и зависимость от времени потока атомов в заданном интервале энергии.

Для интерпретации экспериментальных данных, выяснения характера процессов в высокотемпературной плазме, в частности механизма нагрева ионов и их охлаждения, потребовалось разработать математические модели поведения плазмы в термоядерных установках. Такие модели были созданы учеными Института атомной энергии и Московского университета. Модели дают возможность не только описывать процессы в действующих термоядерных установках, но и прогнозировать параметры плазмы в проектируемых установках.

Созданные методы и аппаратура корпускулярной диагностики, математические модели явлений в плазме уже в течение десяти лет применяются для исследований на термоядерных установках типа Токамак в Институте атомной энергии. В результате были определены важнейшие параметры плазмы, изучены закономерности нагрева и удержания ионов водорода в установках типа Токамак. Показано, что нагрев и удержание плазмы в таких установках соответствуют теоретическим представлениям. Это позволило сделать вывод о возможности дальнейшего повышения температуры плазмы и успешного решения проблемы овладения энергией управляемого термоядерного синтеза.

Работы советских ученых в области корпускулярной диагностики и математического моделирования процессов в высокотемпературной плазме получили мировое признание. Диагностическая аппаратура, созданная в СССР, поставляется практически во все страны, развивающие термоядерные исследования, в том числе в ЧССР, ВНР, ФРГ, США, Францию, Японию, Англию. По приглашению зарубежных термоядерных центров советские ученые с помощью отечественной аппаратуры выполняют эксперименты на зарубежных термоядерных установках.

Корпускулярная диагностика стала самостоятельным важным направлением исследований в области физики высокотемпературной плазмы.

Эффективный метод получения сверхнизких температур

Известно, какие важные открытия в современной физике дают исследования материи в экстремальных условиях, при сверхвысоких энергиях, сверхвысоких магнитных полях, сверхвысоких давлениях, сверхвысоких и сверхнизких температурах. Так, получив температуру жидкого гелия, голландский физик Г. Каммерлинг-Оннес еще в 1911 г. открыл сверхпроводимость, а в 1938 г. академик П. Л. Капица — сверхтекучесть жидкого гелия при температуре ниже 2,19К. Дальнейшие исследования требовали продвижения в области еще более низких температур.

Для получения температур существенно ниже 1К используется метод адиабатического размагничивания парамагнитных солей, но он имеет такие недостатки, как низкая холодопроизводительность, нестабильность температуры. В 1962 г. Х. Лондон, Г. Кларк и Е. Мендоза предложили новый способ получения сверхнизких температур, основанный на растворении жидкого гелия-3 (легкого изотопа гелия) в гелии-4. При этом они исходили из разработанной академиком И. Я. Померанчуком модели такого раствора, как идеального газа. Согласно этой модели, растворение гелия-3 в гелии-4 можно трактовать подобно испарению ферми-жидкости в «вакуум». Однако первые установки, построенные в ряде лабораторий на такой основе, не дали хороших результатов.

Температуры существенно ниже 1К были получены по этому методу кандидатом физико-математических наук Б. С. Негановым в Объединенном институте ядерных исследований (ОИЯИ) в Дубне. В 1965 г. он с сотрудниками впервые создал эффективно действующий криостат растворения, который позволил получить в стационарном режиме температуру 0,05К, его холодопроизводительность составляла 1800 эрг/с при 0,1К.

Успех Б. С. Неганова был обусловлен разработкой принципиально новой конструкции криостата. При этом были выполнены физические исследования, в том числе определена скорость растворения гелия-3 в гелии-4, предложен ряд оригинальных технических решений. Для понижения предельной температуры необходимо было уменьшить скорость циркуляции гелия-3, что вызывает снижение холодопроизводительности установки.

Обеспечить предельно малую температуру при достаточно большой холодопроизводительности удалось благодаря резкому увеличению рабочей поверхности теплообменника. Предложенная автором конструкция теплообменника дает возможность минимально расходовать жидкий гелий-3 на единицу поверхности. Один из последующих криостатов, созданных Б. С. Неганом, длительное время имел рекордные параметры как в отношении предельной температуры, так и холодопроизводительности. Последний вариант криостата Неганова, используемый для динамической поляризации водорода, представляет собой мощную криогенную установку, позволяющую «замораживать» поляризацию протонов, равную 98% при температуре 0,03К.

Работами Б. С. Неганова было показано, что метод растворения гелия-3 в гелии-4 — более мощный и удобный для получения сверхнизких температур, чем метод размагничивания. Он позволяет создать стационарный режим охлаждения при температурах порядка 0,01К и ниже с существенно большей холодопроизводительностью, дает возможность охлаждать любые вещества, помещаемые непосредственно в сверхтекучий раствор. Кроме того, вследствие диффузии атомов гелия-3 в растворе облегчается достижение равновесной температуры, что эквивалентно дополнительному охлаждению тела. Неоспоримые достоинства метода растворения сделали его главным для получения температур порядка десяти милликельвинов; в сочетании с последующим охлаждением методом размагничивания или методом Померанчука (основанном на том, что при достаточно низких температурах теплота плавления твердого гелия-3 становится отрицательной) новый метод дает температуры порядка одного милликельвина (0,001К).

Создание криостатов Неганова подняло на качественно новый уровень криогенную технику, открыло новые возможности исследований в области физики конденсированного состояния при сверхнизких температурах. Стала доступной для эксперимента область температур, в тысячу раз более низких, чем гелиевые.

С помощью таких криостатов Б. С. Неганов с сотрудниками исследовали свойства растворов гелия-3 в гелии-4, в том числе их вязкость и теплопроводность при температурах до 0,008К. Эти криостаты позволили развернуть в ОИЯИ работы по применению сверхнизких температур в исследованиях по ядерной физике. Была создана динамически поляризованная протонная мишень с рекордной, почти 100%-ной поляризацией; на такой мишени, спины ядер которой имеют преимущественное направление, исследована корреляция поляризаций при рассеянии поляризованных протонов (также имеющих преимущественное направление спина) с энергией 600 Мэв. На основе установок Неганова в ОИЯИ получило развитие еще одно направление — исследование углового распределения продуктов распада ориентированных ядер; эти исследования связаны с решением таких фундаментальных проблем, как сохранение пространственной четности при ядерных превращениях.

Проникновение в область температур в несколько милликельвинов привело к открытию нового фундаментального явления — сверхтекучести гелия-3. Сверхтекучесть гелия-3, ядро которого состоит из нечетного числа частиц и тем самым имеет полуцелый спин, наступает при существенно более низкой температуре (около 0,002К), чем у гелия-4, и к тому же под даавлением 34 атм. Природа сверхтекучести гелия-3 и гелия-4 несколько различна. Сверхтекучесть гелия-4, подчиняющегося статистике Бозе — Эйнштейна, возникает как бозе-эйнштейновская конденсация атомов при определенной температуре (2,19 К и ниже). Сверхтекучесть гелия-3 связана с образованием «пар» из двух атомов (аналогично образованию электронных пар в сверхпроводниках); такие пары обладают уже целым спином, и их бозе-эйнштейновская конденсация приводит к сверхтекуче-

СТО ЛЕТ НАЗАД

ПЕТЕРБУРГ. Электрическому способу передачи силы несомненно предстоит великая будущность. Если при помощи металлической проволоки и динамоэлектрических машин «перенести» на сотни миль морскую волну, водопад, горный поток и т. д., а возможность такого переноса доказана уже практикой, то почему бы нельзя, спрашивает знаменитый металлург Бессмер, «перенести» таким же образом и любую каменноугольную копь в тот или другой крупный промышленный центр вместо того, чтобы перевозить туда, с громадными издержками, извлеченный из шахты каменный уголь?.. Почему бы, в данном случае, проволока не могла заменить собою рельсовый путь? Как ни смелы могут показаться с первого раза эти вопросы, тем не менее вполне удовлетворительное практическое решение задачи, которую они имеют в виду, не может подлежать ни малейшему сомнению.

«Наблюдатель»

США. Ввиду громадного увеличения электрических проводников в Нью-Йорке образована комиссия для изыскания способа канализации проволок, не прерывая существующие сношения и не разрывая мостовых улиц. Устройство каналов должно быть таково, чтобы можно было снабдить каждый дом проводниками, передающими свет, телефонные звонки, звонки для призыва прислуги, сигналы на случай общественных бедствий и тревоги и проводники для регулирования часов. Хотя существует уже до 350 патентов на системы электрической канализации, но ни один из этих проектов не отвечает вполне своему назначению. Комиссия приглашает специалистов всех стран присылать свои проекты.

«Нива»

сти. Изучение свойств жидкого гелия-3 — одна из важнейших проблем физики низких температур.

За цикл работ по криостатам растворения гелия-3 в гелии-4 для достижения сверхнизких температур Президиум АН СССР присудил Б. С. Неганову премию имени М. В. Ломоносова 1981 г.

Газодинамика взрыва и реагирующих систем

В августе 1981 г. в Минске состоялся восьмой Международный коллоквиум по газодинамике взрыва и реагирующих систем. Основная тематическая направленность коллоквиума, проводимого регулярно раз в два года, — газодинамические и физико-химические аспекты объемного выделения энергии в газах, двухфазных и конденсированных средах. В центре его внимания находятся такие физические процессы, как взрыв в различных средах, детонация и горение взрывчатых и горючих веществ.

В восьмом коллоквиуме приняло участие более 250 ученых из 15 стран. Было сделано около 150 научных докладов и сообщений, в том числе более 90 в стендовой форме.

Работа коллоквиума проходила в секциях по следующим основным направлениям: детонация в газах и в конденсированных взрывчатых веществах, турбулентное горение, горение твердых топлив и распространение пламени, гетерогенные (неоднородные по физико-химическому составу) системы, нестационарные явления и течения с ударными волнами, кинетика высокотемпературных химических реакций горения, газодинамические лазеры. Эти вопросы весьма актуальны с точки зрения развития современной техники, создания новых технологических процессов, овладения и управления могучей энергией взрыва, лучшего использования топлива в условиях, когда оно становится все более дорогостоящим и дефицитным продуктом. Проблема загрязнения окружающей среды и его предотвращения также тесно связана с исследованиями в этой области.

Коллоквиум открыл председатель оргкомитета академик Я. Б. Зельдович. Свой доклад он посвятил столетнему юбилею первых работ в области горения и детонации и обзору последних достижений в этом разделе науки.

Вопросы детонации в газах и конденсированных взрывчатых веществах были темой наибольшего числа докладов. В них рассказывалось об условиях инициирования детонации, многофронтовой и спиновой структуре детонационных фронтов, пульсирующих режимах детонации, цилиндрических и сферических детонационных волнах, влиянии гибких стенок и тепловых потерь на рассматриваемые течения, механизме разложения конденсированных веществ в ударных волнах, низкоскоростной детонации в пористых взрывчатых веществах.

Значительное число докладов было посвящено исследованию различного рода лазерных эффектов и неравновесных молекулярных процессов, происходящих в тех случаях, когда возникновение или воздействие лазерного излучения так или иначе связано с процессами взрыва или горения. В качестве примера можно назвать такие проблемы: условия формирования лазерно-активной среды в газовом потоке за фронтами нестационарных ударных волн, лазерная диагностика химически реагирующих газовых смесей, экспериментальное измерение ударных волн, инициируемых в жидкости сфокусированным лазерным лучом, расчет различных режимов распространения лазерно-поддерживаемых волн горения для разных типов лазеров и различных интенсивностей излучения.

Исследования детонации и горения гетерогенных сред прежде всего направлены на решение такой важной практической проблемы, как определение механизма и условий, при которых происходят взрывы метана или угольной пыли в шахтах. Несмотря на многолетнюю историю теоретических и экспериментальных исследований, большой трагический опыт, здесь еще остается много неясного. В этой связи на коллоквиуме рассматривались результаты математического моделирования механизма инициирования и распространения взрывных волн в угольных шахтах, газодинамика горения и детонации воздушно-пылевых смесей, новые экспериментальные данные по определению предельных условий воспламенения и перехода горения в детонацию.

Практический интерес вызывает и теоретический анализ движения затупленных и заостренных тел с большой сверхзвуковой скоростью в горючей газовой среде. Здесь были обнаружены неизвестные ранее режимы низкочастотных колебаний головной ударной волны, возникающей перед телом; исследованы изменения аэродинамических характеристик тел, в частности эффект резкого уменьшения лобового сопротивления затупленного тела при полете в горючей среде. Выявленные свойства подобия в газовой динамике высоких температур позволяют в новых ситуациях достаточно легко вычислять тепловые потоки при сверхзвуковом движении тел в атмосферах планет по уже имеющимся данным, например для земной атмосферы.

Многие доклады содержали результаты численного моделирования и расчета взрывных процессов и течений реагирующих сред. Методы численного моделирования детонации, горения и взрыва с использованием быстродействующих ЭВМ дают более полную информацию (причем, как правило, более простым и дешевым, чем в натурном эксперименте способом), например, о взрывах больших объемов взрывчатых и горючих веществ, что может иметь место при авариях в промышленности, транспортировке сжиженного газа и нефти, пожарах на нефтехранилищах, падении самолетов и т. п.

На коллоквиуме сообщалось и о многих других интересных исследованиях.

МАТЕМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Многомерная проблема делителей Дирихле

Часть математики, которая занимается изучением свойств целых чисел, называется теорией чисел. Целые числа — это не только числа натурального ряда (положительные целые), но также нуль и отрицательные целые. Таким образом, если целые числа расположить в возрастающем порядке, получится ряд, в котором разность между большим и меньшим соседними членами везде будет равна единице, т. е. целые числа расположены среди всех действительных чисел периодически, и период этот равен единице.

Целые числа вместе с простейшими геометрическими понятиями составляют фундамент всей математики. Вопросы, возникающие здесь, несмотря на простоту и доступность своей формулировки, часто настолько сложны, что ответы на многие из них были даны только в результате колоссальных усилий целых поколений математиков, а некоторые вопросы остаются без ответа до сих пор.

Большую роль при изучении свойств целых чисел играют теоретико-числовые функции. Они тоже очень сложно устроены, но к их изучению могут быть применены мощные аналитические средства математики.

Одна из простейших теоретико-числовых функций — функция «число делителей натурального числа». Она определена на целых положительных числах, и значение от ее заданного числа равняется числу натуральных делителей этого числа. Поведение этой функции причудливо. Число делителей числа не зависит от его величины и может быть как большим, так и малым. Например, число делителей

любого простого числа равно двум, так как простые числа имеют только два разных делителя: единицу и само себя, а число делителей числа, равного произведению пяти различных простых чисел, равно тридцати двум. Поэтому никаких достаточно простых и правильных закономерностей в поведении этой функции установить нельзя. Однако если эту функцию усреднить, т. е. рассмотреть сумму ее значений от единицы до некоторого большого числа, то эта сумма, зависящая от количества слагаемых в ней, будет вести себя очень правильно. Можно написать простую закономерность, которой будет подчиняться величина этой суммы. Но сразу возникает новый вопрос: насколько точно эта простая закономерность отражает истинное положение дел? Этот вопрос приводит к новым задачам математики, которые по своей структуре схожи с задачами, возникающими в физике, механике, технике.

Несколько иначе подобные задачи можно поставить еще так. Возьмем лист бумаги в клеточку и проведем на нем окружность большого радиуса. Спрашивается, сколько клеточек попадет точно внутрь окружности? Если принять площадь каждой клеточки за единицу, то число таких клеточек приблизительно равно площади построенного круга. Следующий вопрос состоит в том, а насколько это утверждение верно, другими словами, какова верхняя граница разности между площадью круга и числом клеточек, попавших внутрь него? Сформулированная задача принадлежит К. Гауссу, носит название проблемы Гаусса о числе целых точек в круге и полностью не решена до сих пор. Задача о среднем значении функции числа делителей также допускает геометрическую трактовку: надо определить число целых клеточек под гиперболой («проблема делителей Дирихле»).

Цикл работ доктора физико-математических наук А. А. Карацубы по многомерной проблеме делителей Дирихле*, отмеченный премией П. Л. Чебышева за 1981 г., посвящен задачам, связанным с количеством целых точек под многомерными гиперболическими поверхностями. К их решению привлекается мощный метод тригонометрических сумм И. М. Виноградова. Простейшие тригонометрические функции — синус и косинус, будучи периодическими, дают возможность тем самым аналитически выделять целые числа из множества всех действительных чисел. Тригонометрические суммы — это конечные суммы синусов и косинусов, аргументы которых — действительные функции. Многие проблемы теории чисел легко формулируются на языке тригонометрических сумм. Тем самым разнообразные проблемы сводятся к одной: изучению тригонометрических сумм.

В цикле работ А. А. Карацубы на основе метода И. М. Виноградова и теории функций комплексного переменного получены принципиально новые результаты в задачах о числе целых точек под многомерными гиперболическими поверхностями и связанными с ними вопросами теории чисел.

Вычислительные методы линейной алгебры

Простейшая задача линейной алгебры известна каждому школьнику — это задача о решении системы линейных уравнений. Например, два яблока и три груши стоят 62 коп., три яблока и пять груш стоят 1 руб. Сколько стоит одно яблоко и одна груша? Обозначив цену одного яблока (в копейках) через x, цену одной груши через y, легко составить систему уравнений с двумя неизвестными и, решив эту систему одним из известных способов, получить ответ: одно яблоко стоит 10 коп., одна груша — 14 коп.

Приведем другой пример, уже из области математической физики. На гранях куба из меди со стороной 10 см поддерживается некоторое распределение температуры. Как распределится температура внутри куба? Математическая модель этой задачи — некоторое дифференциальное уравнение в частных производных. Однако эта довольно сложная модель может быть приближенно заменена принципиально более простой. Представим себе, что куб разбит тремя системами параллельных плоскостей на кубики со стороной в 1 см. Этих кубиков будет $10 \cdot 10 \cdot 10 = 1000$. Сосредоточим внимание на вершинах этих кубиков, т. е. на точках пересечения разбивающих плоскостей. Эти вершины составляют пространственную сетку точек. Можно считать, что в точках сетки, лежащих на границе исходного куба, температура известна. Для внутренних узлов сетки (т. е. для вершин кубиков, лежащих внутри большого куба), число которых равно $9 \cdot 9 \cdot 9 = 729$, можно принять приближенно, что температура в каждом узле равна среднему арифметическому температур на шести смежных узлах (два направо-налево, два впереди-сзади, два вверх-вниз). Это приводит к системе 729 линейных уравнений с 729 неизвестными. Решение этой системы дает приближенное представление о распределении температур. Увеличение числа узлов сетки позволяет получить более точный результат, но за счет решения большей системы уравнений

Системы линейных уравнений возникают при численном решении широких классов задач математической физики, при применении математических методов в экономике и т. д.

Но решение линейных систем — лишь одна из задач линейной алгебры, имеются и многие другие. Вообще линейная алгебра есть учение о линейных функциях и линейных преобразованиях. Она имеет свой язык — язык многомерной геометрии и свой аппарат — алгебру матриц. Вычислительные задачи линейной алгебры, естественно, формулируются в

СТО ЛЕТ НАЗАД

США. Фотографическое изображение взрыва. Недавно американские инженеры сняли фотографию с разбитого корабля, взорвав его динамитом с целью убедиться, сколько времени продолжается взрыв и какие виды он принимает. Результат получился в высшей степени интересный. Было употреблено 6 камер. Фотография, снятая в 1/10 секунды после взрыва, изображала корабль, разорванный на куски при столбе воды в 70 футов вышины; снятая через полторы секунды с момента взрыва, изображала уже столб воды в 160 футов высоты; третья, сделанная через $2\frac{1}{3}$ секунды, показывала столб воды в 180 футов; обломки корабля находились в воздухе и ни один из них не упал еще на воду; четвертое изображение — через $3\frac{3}{10}$ — показывало, что столб воды опустился и сама поверхность оказалась уже взволнованной; наконец, пятый снимок, через $4\frac{3}{10}$ секунды показывал, что взрыв уже окончился.

«Нива»

ПЕТЕРБУРГ. Один американец строит пароход, машина которого будет двигаться с баснословной быстротой: 350 оборотов в минуту. Рассчитывают, что пароход должен делать 40 километров в час и в 5 дней проходить пространство между Европой и Америкой. Англичане, со своей стороны, спустили недавно пароход «Моикта», который требует только 1,5 часа на прохождение из Дувра в Кале. Таким образом, количество часов, во время которых пассажиры подвергаются страданиям и морской болезни, значительно сокращается.

«Нива»

* См. также ежегодник «Наука и человечество. 1973», с. 331. — *Ред.*

терминах алгебры матриц и не допускают совершенно элементарной формулировки, кроме задачи о решении систем линейных уравнений (в пределах которой тоже имеются не элементарные вопросы). Упомянем лишь об одной из наиболее важных задач — о вычислении так называемых собственных значений матрицы. Решение этой задачи играет важную роль в теории колебаний, в строительной механике, в небесной механике. Связь с небесной механикой сказалась даже на терминологии: алгебраические уравнения, корнями которых являются собственные значения, долгое время назывались вековыми уравнениями, и изобретателем одного из методов решения задачи был У. Леверье — тот самый ученый, который сделал знаменитое предвычисление положения на небосводе еще не открытой планеты (Нептуна) на основании анализа возмущений в движении планеты Уран.

Цикл работ В. Н. Фаддеевой и Д. К. Фаддеева по вычислительным методам линейной алгебры, удостоенный Государственной премии СССР 1981 г., имеет своим началом книгу В. Н. Фаддеевой «Вычислительные методы линейной алгебры», вышедшую в серии «Библиотека инженера» в 1950 г. Эта книга была рассчитана не на профессионалов математиков. В ее первой главе дано достаточно доступное изложение необходимых теоретических основ линейной алгебры, вторая и третья главы посвящены описанию методов численного решения основных задач. Изложение методов снабжено многими численными примерами, показывающими фактическое течение вычислительных процессов. В первой главе существенной новинкой стало введение различных норм векторов и матриц в практику вычислительной математики и введение понятий согласованности и подчиненности норм. Эти новинки были сразу подхвачены и развиты за рубежом. Появление книги было своевременным, так как расширившиеся возможности вычислений в связи с появлением ЭВМ позволяли широко использовать линейную алгебру. Книга переведена на английский, испанский, китайский, польский и португальский языки.

В 40—50-е годы интерес к вычислительному аспекту линейной алгебры значительно возрос, и во многих странах появилось большое число работ, посвященных различным методам численного решения задач линейной алгебры и их разновидностям. Естественно, возникла проблема разработки общих точек зрения, которые позволили бы систематизировать и изложить в обозримой форме все это обилие фактического материала. На этом этапе к В. Н. Фаддеевой присоединился Д. К. Фаддеев. Они вместе подготовили доклад на Третьем всесоюзном математическом съезде в 1956 г. В этом докладе излагались некоторые обобщающие идеи вычислительных методов линейной алгебры. В 1960 г. вышла большая монография (734 с.) В. Н. Фаддеевой и Д. К. Фаддеева (второе, дополненное издание вышло в 1963 г.). В ней содержится развернутое и систематизированное изложение обширного материала (список литературы состоит из 1274 наименований). Книга до сих пор часто цитируется специалистами. Она переведена на английский, китайский, немецкий, чешский и японский языки.

В отмеченный премией цикл входит несколько работ, в которых в основном обсуждается форма ответа при решении задачи с неточно заданными входными данными и разработка теории эллиптических норм для оценки результата.

Для пояснения сути вопроса вернемся к элементарной задаче о яблоках и грушах, немного изменив ее условие, а именно: в первом требовании заменим число 62 на 61. При таком, казалось бы, небольшом изменении условий задачи ответ изменяется довольно сильно: цена яблока и цена груши становятся соответственно 5 и 17 коп. (вместо 10 и 14 при прежнем условии).

Весьма часто оказывается, что ответ в вычислительной задаче может значительно меняться при небольших изменениях ее входных данных, а если сверх того сами входные данные известны лишь приближенно, задача становится, как говорят, плохо обусловленной. Ответ перестает быть математической точкой и расплывается в некоторое облачко. Оценка его размеров и направлений вытянутости и сжатости составляет предмет исследований этих работ. На эту тему В. Н. Фаддеевой был сделан доклад по предложению оргкомитета на конгрессе ИФИП-68 (Эдинбург, Шотландия, 1968 г.).

В цикл входит также большая статья (225 с.), содержащая систематизированный обзор состояния вопроса на 1974 г. Статья переведена на английский язык. Она существенно дополняет монографию 1963 г.

Наконец, последняя работа цикла посвящена распараллеливанию алгорифмов линейной алгебры, т. е. выделению фрагментов вычислений, которые могут выполняться одновременно и независимо. Решение этого круга вопросов нужно для организации линейно-алгебраических вычислений на машинах с некоторыми параллельно работающими процессорами. Эта работа была доложена на международной конференции в Венгрии в 1977 г.

За время, прошедшее с тех пор, авторы опубликовали еще несколько работ, в том числе вторую статью по распараллеливанию.

Современные математические методы оптимизации

В 1981 г. группе сотрудников Института кибернетики АН УССР за цикл работ по созданию и широкому внедрению современных математических методов оптимизации, опубликованных в 1962—1979 гг., присуждена Государственная премия СССР.

Учеными разработаны новые подходы к решению сложных задач проектирования и планирования управления, имеющих большую размерность и практически недоступных другим методам; предложены и реализованы в системах проектирования и планирования новые методологические принципы и алгоритмические схемы, позволяющие найти рациональные пути математической постановки задач и исследования свойств экстремальных решений, что используется для построения наиболее эффективных процедур локализации и поиска экстремума при решении задач оптимизации на электронных вычислительных машинах. По существу, созданы новые разделы математической теории оптимизации, в которых рассматриваются различные способы представления элементов и множеств возможных решений, классы функций-критериев, технологии подготовки, оценки и принятия решений в конкретных системах и ситуациях.

«Киевская школа оптимизации» широко известна у нас в стране и за рубежом, а «киевским веником» отсеивания вариантов пользуются многие исследователи и специалисты. Предложенные методы стали предметом исследования. Большое внимание в СССР и за рубежом привлек факт построения полиномиального алгоритма линейного программирования на основе так называемого метода эллипсоидов — частного случая градиентных методов с растяжением пространства, предложенных одним из лауреатов.

Исходный пункт развиваемой авторами теории и методологии — использование в процедурах оптимизации конкретных выявленных в процессе решения свойств оптимального решения. Если при других подходах исследователь, как правило, довольствуется сведением решения конкретной задачи к ранее изученным постановкам и методам, то прикладная ориентация Института кибернетики АН УССР на массовое (многократно повторяющееся) решение оптимизационных задач, стремление снизить затраты на решение (уменьшить объем памяти ЭВМ, время решения) потребовали разработать, можно сказать, системно-ориентированные подходы. Они предполагают выбор наиболее подходящих структур данных и информацию юго обеспечения разрабатываемых оптимизационных процедур и технологий, глубокое использование

свойств различных классов оптимизационных задач в процессе локализации экстремума.

На этой основе была разработана общая концептуальная схема, определяющая постановку и конструирование метода решения оптимизационных задач и получившая название метода последовательного анализа вариантов. Оказывается, процедуру решения задачи продуктивно рассматривать как последовательность «контрольных опытов», каждый из которых в конечном счете направлен на сокращение исходного множества возможных вариантов. Интерпретация решающих процедур на «языке опытов», представление решений на языке знаковых конструкций, задание ограничений с помощью множеств позволили сделать объектом математической оптимизации, по сути, любую «технологизированную деятельность», дать надежные ориентиры на пути улучшения таких технологий и повышения их результативности.

Отсюда и широкий спектр приложений метода последовательного анализа. Метод позволил включить оптимизацию непосредственно в технологию проектирования таких объектов, как элементы и интегральные схемы ЭВМ, системы обработки данных, автомобильные и железные дороги, нефтепроводы, газопроводы, транспортные и электроэнергетические сети. На его основе оптимизируются с учетом огромного числа параметров и факторов сложные технические системы и технологии, выбираются наилучшие с точки зрения сочетаемости машин и оборудования системы. Он сделал возможным решение задач календарного планирования в адекватных практическим ситуациям постановках (развита специальная ветвь дискретной оптимизации — теория расписаний), недоступных никаким другим формализованным подходам задач эффективной расшифровки генетических кодов (составления генетических карт) и др.

На основе идей последовательного анализа вариантов разработаны и внедрены в практику методы многоуровневой оптимизации, человеко-машинные процедуры многокритериальной оптимизации, специальные методы, основанные на приемах отсеивания вариантов, решения задач дискретной оптимизации; эти идеи оказали существенное влияние на разработку методов оптимизации в математическом программировании. Метод обобщенного градиентного спуска, обобщенные градиентные методы, основанные на приемах растяжения пространства, методы отсечения с преобразованием пространства держат своеобразные непокрытые рекорды по размерности решаемых задач, сложности используемых ограничений и функций. Высокую эффективность доказали и так называемые методы линеаризации и вектора спада, разнообразные методы, предложенные в стохастическом программировании и т. п.

Тесное сотрудничество с организациями и институтами отраслевых министерств и ведомств позволило «вписать» разработанные методы в создаваемые автоматизированные системы проектирования и планирования.

На основе разработанных методов созданы и внедрены многочисленные программные комплексы и пакеты прикладных программ для решения задач дискретной оптимизации, размещения и проектирования, планирования транспортных перевозок и др.

Международная система малых ЭВМ (СМ ЭВМ)

Во второй половине 70-х годов совместные работы стран социалистического содружества в области малых ЭВМ проводились по программе СМ ЭВМ. Ускоренное развитие производства ЭВМ этого класса определялось рядом факторов. Именно в эти годы был достигнут существенный прогресс в разработке и промышленном освоении микроэлектронных интегральных схем, что повлекло за собой резкое снижение стоимости основных узлов ЭВМ — процессора (устройства обработки данных) и памяти. Параллельно с миниатюризацией логических схем ЭВМ совершенствовались периферийные устройства: телетайпы и электрические пишущие машинки стали уступать место компактным и простым в эксплуатации экранным терминалам, а электромеханические устройства ввода-вывода информации — малогабаритным устройствам внешней памяти на магнитных носителях. Успешная разработка ряда универсальных вычислительных машин (Единой системы ЭВМ) подтвердила определяющее значение программной совместимости ЭВМ, различающихся по производительности и стоимости. Создание единой методологической основы для разработки системных и прикладных программ, обеспечение преемственности нескольких поколений систем обработки данных, повышение надежности программ по мере продления времени их жизни — эти и многие другие преимущества принципа совместимости ряда моделей ЭВМ нашли отражение в концепции системы малых ЭВМ.

Опыт создания первых управляющих вычислительных комплексов в социалистических странах показал эффективность децентрализованных и автономных систем управления в народном хозяйстве и научных исследованиях.

Стало очевидным, что во многих областях применения вычислительной техники малые ЭВМ призваны сыграть не вспомогательную, а основную роль, содействуя внедрению новейших достижений теории управления и качественно новых методов обработки данных (методы машинной графики, цифровой обработки сигналов, анализа и синтеза речевых сообщений, построения сетей передачи информации). В то время как универсальные ЭВМ составляют основу индустрии обработки информации в масштабах страны и отдельных экономических регионов, малые ЭВМ — это база для комплексной автоматизации взаимосвязанных объектов управления.

Целью программы СМ ЭВМ создание и внедрение в народное хозяйство стран СЭВ агрегатного комплекса технических и программных средств малых ЭВМ с организацией их серийного производства на основе специализации и кооперации социалистических стран. В результате реализации в СССР первого этапа (1975—1978 гг.) этой долгосрочной программы создан основной ряд процессоров СМ1, СМ2, СМ3 и СМ4 с широким набором средств программного обеспечения и периферийных устройств. Совместимые с этим рядом модели малых ЭВМ созданы также в ВНР, Республике Куба, ПНР, СРР и ЧССР. Комплексы СМ ЭВМ первой очереди — это функционально пол-

СТО ЛЕТ НАЗАД

ПЕТЕРБУРГ. В Париже есть дом в 9 этажей, в Генуе — в 11, а в Лондоне даже в 14 этажей. Для удобства сообщения в доме этом устроен подъемный аппарат, приводящийся в непрерывное движение с помощью гидравлических приспособлений и предоставленный для пользования жильцам. Это исполинское жилище имеет 40 метров вышины и до 500 окон.

«Нива»

АНГЛИЯ. В Лондоне сделаны опыты применения электрической силы к движению вагонов конно-железной дороги. Результат получился весьма удовлетворительным. Вагоны были снабжены аккумуляторами, находившимися под сиденьем для пассажиров; ток по проволоке сообщался динамоэлектрической машине, которая и приводит непосредственно оси во вращательное движение. Прервав ток, вагон можно остановить почти мгновенно.

«Нива»

ный набор технических и программных средств, а также методических материалов и экспертно-консультационных услуг для создания автономных и распределенных автоматизированных систем с широким диапазоном применений. В ходе работ по программе СМ ЭВМ впервые поставлены и решены важные научно-технические, производственные и экономические проблемы государственного и международного масштаба в области вычислительной техники. К таким достижениям относятся:

унификация технических средств и способов их сопряжения, которая позволяет использовать в создаваемых системах все устройства СМ ЭВМ, выпускаемые в странах СЭВ.

унификация архитектуры (методов программирования) базовых и проблемно-ориентированных комплексов в сочетании с модульным принципом построения устройств и программ, позволяющая применять известные методы проектной компоновки при создании специализированных управляющих комплексов;

стандартизация программных средств общего применения (операционных систем и языков программирования), позволяющая объединить усилия специалистов стран СЭВ в разработке единого фонда прикладных программ для малых ЭВМ;

унификация конструктивных и технологических решений на основе международных стандартов, обеспечивающих высокое качество изделий, возможность широкой кооперации и организации крупносерийного выпуска;

унификация используемой и перспективной микроэлектронной элементной базы, позволяющая существенно сократить сроки промышленного освоения новейших интегральных схем и средств микропроцессорной техники.

Сжатые сроки, в которые требовалось уложиться при создании моделей СМ ЭВМ первой очереди, продиктовали необходимость поиска новых организационных методов. При создании малых ЭВМ СМ3 и СМ4 впервые в СССР были совмещены по времени работы, обычно выполняемые последовательно: конструирование технических средств, разработка средств программирования и проектирование проблемно-оринтированных комплексов для первоочередных областей применения СМ ЭВМ. Кроме того, одновременно разрабатывались и осваивались промышленностью перспективные наборы интегральных схем, что в значительной мере определило передовой технический уровень устройств СМ ЭВМ.

Принятые в СМ ЭВМ первой очереди основополагающие технические решения удовлетворяют условиям массового производства, обеспечивая возможность применения автоматизированных и механизированных методов производства. На ведущем предприятии, освоившем серийный выпуск комплексов СМ ЭВМ — Киевском производственном объединении «Электронмаш» имени В. И. Ленина — технологическая линия производства малой ЭВМ СМ4 включает 5 автоматизированных систем управления наиболее ответственными технологическими процессами и до 40 автоматизированных систем настройки электронных блоков и контроля качества продукции на всех основных этапах производства. Всего на предприятиях, выпускающих устройства СМ ЭВМ, за годы десятой пятилетки разработано свыше 2000 технологических процессов, спроектировано 825 видов оснастки, 25 новых технологических стендов. Немалую роль в освоении новой технологии сыграла оперативная «обратная связь»: ЭВМ СМ3 и СМ4 были включены в технологические линии управления и контроля на предприятиях, производящих устройства и комплексы СМ ЭВМ, уже в течение второго года их выпуска.

В результате освоения серийного производства моделей СМ ЭВМ первой очереди создан ряд малых ЭВМ, значительно превосходящих по важнейшим параметрам машины этого класса предыдущего поколения. Существенно — примерно в 5 раз — уменьшены физические объемы комплексов, в 2 раза и более снижена стоимость отдельных устройств и комплексов, в 2 раза улучшены показатели надежности. В наиболее быстродействующей модели СМ ЭВМ первой очереди — СМ4 — производительность процессора при решении задач управления объектом в реальном масштабе времени достигает 300 тыс. операций в секунду. В структуре моделей СМ2 и СМ4 заложены качественно новые для малых ЭВМ возможности работы с расширенной оперативной памятью, выполнения операций с рациональными числами (что существенно повышает быстродействие и точность вычислений), а также построения двухпроцессорных комплексов.

Важное место в программе СМ ЭВМ занимает создание ряда периферийных устройств. В большинстве случаев применения малых ЭВМ стоимость периферийного оборудования составляет от 70 до 80% общей стоимости комплекса. Параметры периферийных устройств существенно влияют на основные технические и эксплуатационные характеристики автоматизированных систем — производительность, надежность и простоту обслуживания. Принципы разработки комплексов СМ ЭВМ как единого ряда моделей малых и в дальнейшем микро-ЭВМ не только допускают, но и предполагают интенсивный процесс совершенствования отдельных моделей в составе комплексов.

На первом этапе реализации программы СМ ЭВМ первоочередной задачей стало формирование как можно более широкой номенклатуры периферийных устройств. До 1980 г. было разработано и испытано 29 типов устройств внешней памяти на магнитных носителях, 60 типов устройств ввода-вывода данных (включая терминалы различных типов), 18 типов устройств передачи данных по каналам связи и 12 типов устройств связи с объектом управления.

Дальнейшее развитие ряда периферийных устройств характеризует тенденция к распределенной обработке данных: большинство вновь разрабатываемых устройств построено с применением микропроцесссрного управления и имеет собственную оперативную память, что обеспечивает

СТО ЛЕТ НАЗАД

АНГЛИЯ. Электрическое судно. Много шума наделало в Лондоне небольшое судно под названием «Электричество», двигающееся при помощи электричества и проплывшее с 4 пассажирами по Темзе. Это первое электрическое судно в Англии, и результат пробной поездки оказался весьма удовлетворительным. Судно двигалось со скоростью 8 узлов. Двигающая сила производится 45 аккумуляторами, которые соединены с двумя машинами Сименса.

«Инженер»

США. 12 тысяч фотографических карточек в один час. Некий американец Фонтайне надумал применить паровой двигатель к фотографии и устроил машину для отпечатания копий, которая по быстроте и совершенству далеко оставляет за собой книгопечатные станки. Она делает 200 фотографий в минуту, так что чувствительная бумага остается под действием солнечных лучей всего 0,3 секунды. Больших фотографий она печатает 2500 в час. Это изобретение имеет очень важное значение для печатания иллюстрированных изданий. Кроме того, машина даже с еще большей скоростью может отпечатывать фотографически и текст. Стоит вспомнить, что лучший книгопечатный пресс редко дает более 1000 экземпляров в час.

«Нива»

существенную экономию оборудования каналов связи в автоматизированных системах и позволяет повысить общую производительность комплекса без увеличения мощности центрального процессора.

Практика создания наиболее эффективных управляющих вычислительных комплексов на базе малых ЭВМ показала, что первостепенное значение здесь имеет разнообразие средств межмашинной связи. Перспективный набор этих средств в программе СМ ЭВМ позволит уже на основе серийно выпускаемых процессоров и периферийных устройств строить двухмашинные и многомашинные комплексы повышенной надежности, реализовать принципы параллельной обработки данных, а также осуществить переход к внедрению в народное хозяйство территориально распределенных сетей ЭВМ.

Программное обеспечение СМ ЭВМ включает такой набор программных средств, который обеспечивает настройку создаваемых комплексов на конкретные задачи потребителей с минимальными трудозатратами. Сокращение трудозатрат на программирование — необходимая предпосылка эффективного использования малых ЭВМ. Для достижения этой цели в СМ ЭВМ использован принцип проблемной ориентации комплексов, предназначенных для определенных областей применения. Это достигается, с одной стороны, стандартизацией отдельных функциональных компонентов программного обеспечения (языков программирования, средств машинной графики, средств построения сетей ЭВМ, систем работы с базами данных) и, с другой — внедрением набора операционных систем (программных комплексов), каждая из которых реализует определенный режим эксплуатации малой ЭВМ (режим коллективного пользования, режим управления объектом в реальном масштабе времени, режим обработки потока заявок и т. п.). Такой подход позволяет совершенствовать весь технологический цикл создания управляющих и информационных систем на основе малых ЭВМ.

Параллельно с разработкой и промышленным освоением комплексов СМ ЭВМ первой очереди выявлялись наиболее важные области применения малых и микро-ЭВМ, где оно может дать наибольший экономический и социальный эффект.

Для автоматизации научных исследований с применением средств СМ ЭВМ создан ряд измерительно-вычислительных комплексов. Отличительная их черта — включение средств сопряжения малых ЭВМ с наиболее современными приборными и контрольно-измерительными системами. Они позволяют в особо сложных и массовых лабораторных экспериментах оперативно обрабатывать данные, оптимально планировать серии экспериментов и наглядно представлять результаты натурного и математического моделирования с помощью средств машинной графики. Кроме того, в них включены программные средства для статистической обработки данных, имитационного моделирования создаваемых объектов, обработки реальных и синтезированных полутоновых изображений, а также для решения оптимизационных задач.

Ускоренное развитие получили средства машинной графики СМ ЭВМ для комплексов типа «автоматизированное рабочее место инженера-проектировщика». Высокие характеристики таких комплексов приобретают особое значение в крупномасштабных системах автоматизации проектирования объектов новой техники. Производительность труда проектировщиков повышается благодаря активному использованию фонда типовых проектных решений и улучшению координации разработок сложных объектов. Принципиально новые возможности имеют комплексы для выпуска как графической, так и текстовой проектной документации: условия диалога «человек-машина» при проектировании с использованием малых ЭВМ оказываются близкими к оптимальным.

Преемственность средств СМ ЭВМ по отношению к наиболее распространенным в начале 70-х годов малым ЭВМ позволяет расширить масштабы внедрения автоматизированных систем управления дискретными и непрерывными технологическими процессами с сохранением имеющегося задела. Значение преемственности вновь используемых технических и программных средств по отношению к уже работающим на объекте управляющим вычислительным комплексам определяется тем, что несоблюдение принципа преемственности приводит к технически необоснованным трудозатратам на переоборудование действующих предприятий и переподготовку обслуживающего персонала. Новые возможности технических и программных средств СМ ЭВМ позволяют уже в одиннадцатой пятилетке начать переход от «островных» систем автоматизации производственных процессов к комплексным системам автоматизации предприятий, в которых интегрированы функции проектирования, изготовления, испытаний и технической диагностики изделий новой техники и серийной продукции.

Переход к многовариантному исполнению комплексов на базе малых и микро-ЭВМ, создание в массовых масштабах пакетов прикладных программ для вновь осваиваемых областей применения этих ЭВМ и разработка новых методов экспертно-консультационного обслуживания пользователей крупносерийной вычислительной техники составляют сегодня основу для реализации второго этапа программы СМ ЭВМ.

Модели второй очереди включают четыре новые класса. Класс микро-ЭВМ отличают минимальный объем оборудования и ориентация на наиболее массовую серию микропроцессорных интегральных схем. Класс «супермини»-ЭВМ предназначен для диспетчерских и координирующих комплексов в системах автоматизации производственных процессов, а также проектирования с повышенными требованиями к производительности и точности вычислений. Класс многопроцессорных и многомашинных комплексов ориентирован на создание систем повышенной надежности, систем обработки массовых потоков заявок (транспорт, связь, информационно-справочные системы) и сетей ЭВМ. Наконец, класс специализированных процессоров предназначен для тех областей применения СМ ЭВМ, где требуется увеличение производительности основного оборудования не менее чем в 10—100 раз при решении определенных типов задач (обработка символьной информации, обработка сигналов).

В 1981 г. за разработку и организацию серийного производства комплексов технических и программных средств СМ3 и СМ4 международной системы малых ЭВМ коллективу специалистов во главе с членом-корреспондентом АН СССР Б. Н. Наумовым присуждена Государственная премия СССР.

ХИМИЯ

Нобелевская премия по химии

Нобелевская премия по химии за 1981 г. присуждена профессору университета г. Киото (Япония) Кеничи Фукуи (Kenichi Fukui) и профессору Корнельского университета (г. Итака, США) Роальду Хоффману (Roald Hoffmann) за вклад в развитие теории механизмов химических реакций.

Работы обоих ученых сыграли определяющую роль в развитии качественных квантовохимических представлений об электронных факторах, управляющих механизмами химических реакций. Выдвинутые и разработанные ими концепции орбитальных взаимодействий нашли широкое применение во всех областях современной химии.

Квантовая химия — один из самых молодых разделов химии, использующий представления и методы совре-

менной квантовой механики при изучении строения и реакционной способности химических соединений, а также характера и механизма образования химических связей. В основе квантовой химии лежит теория молекулярных орбиталей, согласно которой пространственное положение каждого электрона молекулы описывается индивидуальной волновой функцией — молекулярной орбиталью. В соответствии с принципом Паули молекулярная орбиталь может быть заполнена одним или двумя электронами с противоположными спинами. Электроны, образующие химические связи, занимают дельта- и пи-орбитали. Первые заполняются электронами, локализованными вдоль химических связей. Область локализации вторых находится вне плоскости химической связи.

Для того чтобы связать реакционную способность молекулы с ее электронным строением, первоначально использовался метод индексов реакционной способности, который позволял учитывать вклад в энергию активации химической реакции целого ряда факторов. Однако полученные с помощью этого метода теоретические предсказания во многих случаях расходились с экспериментальными данными.

Важным вкладом в квантовохимические представления о реакционной способности стала разработанная К. Фукуи теория граничных орбиталей. В основу теории положено приближение, в соответствии с которым следует учитывать вклад в энергию взаимодействия только членов, возникающих от смешивания граничных орбиталей, т. е. верхней занятой и нижней вакантной. Это приближение позволило создать простую расчетную схему и получить выражения для индексов, с помощью которых удалось интерпретировать реакционную способность в тех случаях, когда другие подходы оказывались неудовлетворительными.

Теория К. Фукуи позволяет проводить квантовомеханический анализ энергии взаимодействия реагирующих молекул и выделять орбитальные вклады в это взаимодействие. Универсальность теории дает возможность описать не только одноцентровые атаки, но и реакции с многоцентровыми переходными состояниями; К. Фукуи успешно применил ее при изучении мономолекулярных, каталитических и некоторых других реакций.

Теория граничных орбиталей легла в основу общепринятой сейчас концепции орбитальных взаимодействий, которая с единых позиций рассматривает ряд важных проблем теоретической химии: термические, фотохимические и каталитические реакции, структуру стабильных молекул и переходных состояний, строение донорно-акцепторных комплексов и т. д.

Р. Хоффман начал свою научную деятельность с расчетов сложных молекул. Использованный для этих целей расширенный метод Хюккеля оказался особенно удачным при исследовании конформаций и построении молекулярных орбиталей сложных молекул. Учет перекрывания атомных орбиталей правильно передает наиболее важные особенности орбитальных взаимодействий, а простота метода делает его вполне доступным даже для очень больших молекулярных систем.

Позднее Р. Хоффман предпринял попытку теоретически объяснить особенности стереоспецифичности реакций циклизации, наблюдавшихся Р. Вудвордом при синтезе витамина B_{12}. Автор впервые использовал корреляционные диаграммы для анализа изменения энергий орбиталей в ходе реакции и рассмотрел условия сохранения симметрии орбиталей. В результате были сформулированы правила сохранения орбитальной симметрии для согласованных реакций, которые вошли в химическую литературу под названием правил Вудворда — Хоффмана.

Последующими исследованиями было установлено, что эти правила применимы к широкому кругу термических и фотохимических органических реакций.

Правила Вудворда—Хоффмана вскрывают глубокую физическую причину формирования энергетического барьера на пути химического превращения. Если в химической реакции новые связи образуются одновременно с разрушением старых, считается, что реакция протекает по согласованному механизму. Если же новые связи образуются только после разрыва старых, то система обязательно проходит через бирадикальное состояние, в котором по крайней мере два электрона разорвавшейся связи оказываются неспаренными и каждый занимает свою несвязывающую молекулярную орбиталь. Такой процесс называют несогласованным, и в этом случае энергия активации велика — порядка энергии разрыва данной химической связи.

Вудворд и Хоффман показали, что реакция может протекать по согласованному механизму только в том случае, если между орбиталями исходного и конечного состояний реагентов можно установить соответствие по симметрии, при котором каждая занятая молекулярная орбиталь исходного состояния коррелирует с занятой орбиталью конечного состояния. В противном случае по крайней мере одна занятая молекулярная орбиталь в ходе реакции меняется местами с одной из вакантных, при этом в области переходного состояния граничные орбитали системы преобразуются, а кривые их энергетических уровней пересекаются. Симметричное согласованное переходное состояние оказывается неустойчивым и переходит в несимметричное, соответствующее несогласованному бирадикальному процессу.

Дестабилизация граничных молекулярных орбиталей, в результате которой возможна их инверсия, обусловлена фермиевским отталкиванием заполненных оболочек. Из-за отталкивания при сближении двух молекул или молекулярных фрагментов (необходимого для образования новых связей) может возникнуть резкая дестабилизация граничной орбитали, если две высоколежащие и близкие по энергии орбитали сильно перекрываются. Если дестабилизирующаяся молекулярная орбиталь, в свою очередь, может взаимодействовать с близкой к ней по энергии низколежащей вакантной орбиталью, такое взаимодействие будет, наоборот, стабилизировать соответствующую орбиталь и препятствовать пересечению энергетических уровней.

Подобная интерпретация устанавливает тесную связь между правилами орбитального контроля Вудворда—Хоффмана и теорией граничных орбиталей К. Фукуи. Таким образом, принцип орбитальной симметрии является важным критерием реализации согласованного механизма химической реакции.

В работах, относящихся к теории строения неорганических соединений, комплексов переходных металлов и металлорганических соединений, Р. Хоффман показал, каким мощным средством теоретического анализа может быть метод корреляционных диаграмм. Он широко использовал также подход, при котором сложный комплекс разбивается на взаимодействующие фрагменты и выделяются доминирующие орбитальные взаимодействия. В последнее время Р. Хоффманом рассмотрены вопросы стереохимии моно- и биядерных комплексов с карбонильными, олефиновыми, ацетиленовыми и ароматическими лигандами. Им решен также ряд важных проблем реакционной способности металлокомплексных систем, связанных с задачами катализа.

Присуждение Нобелевской премии за работы по квантовой химии — признание значения этого направления для общего развития химической науки. В настоящее время квантовая химия обладает универсальным языком, пригодным для описания любых сложных молекул, строение которых отличается очень большим разнообразием.

Съезд советских химиков

21—26 сентября 1981 г. в столице Азербайджана г. Баку проходил XII Менделеевский съезд по общей и прикладной химии, посвященный задачам советской химической науки и промышленности в свете решений

XXVI съезда КПСС. Открывая съезд, вице-президент АН СССР академик Ю. А. Овчинников отметил важный вклад, который вносит современная химия в развитие научного и экономического потенциала нашей страны. Ученые и работники всех отраслей химической промышленности успешно решают задачи комплексной переработки минеральных ресурсов, создают новые материалы с ценными свойствами, разрабатывают высокоэффективные технологические процессы с учетом проблем охраны окружающей среды, получают новые препараты для медицины и сельского хозяйства. Постоянно повышаются теоретический уровень проводимых исследований и эффективность производства.

С большим докладом на открытии съезда выступил заместитель Председателя Совета Министров СССР товарищ Л. А. Костандов, остановившийся на основных задачах химической науки и промышленности по реализации принятых XXVI съездом партии Основных направлений развития народного хозяйства нашей страны на одиннадцатую пятилетку.

В ближайшие годы химическая наука и промышленность будут развиваться в условиях увеличивающегося дефицита нефти и уменьшения запасов некоторых видов минерального сырья; возрастающей потребности в моторном топливе и в углеводородном сырье для производства полимерных и синтетических материалов; необходимости свести к минимуму вредные воздействия химических производств на среду обитания. В связи с этим необходимо экономить сырье и энергию, расширять сырьевую базу как органической, так и неорганической химии, искать возможности широкой взаимозаменяемости сырья, существенно увеличивать номенклатуру и совершенствовать технологию выпуска химической продукции за счет вовлечения в процессы синтеза нефтяного и газового сырья, а в перспективе и угля. Эти задачи и определят основные направления развития химической науки и промышленности — создание альтернативных видов топлива и сырьевых источников для химических и нефтехимических процессов; поиск новых катализаторов и каталитических процессов, обеспечивающих проведение реакций с высокими выходами, высокой избирательностью, высокими скоростями превращений при минимальных энергетических затратах; установление закономерностей, связывающих структуру и свойства вещества с целью получения материалов с заданными свойствами; разработка высокоэффективных методов синтеза важных для народного хозяйства полимеров, волокон, резин, малотоннажных продуктов тонкого органического синтеза и т. д.

В одиннадцатой пятилетке будут продолжены работы по созданию агрегатов большой единичной мощности, оснащенных всеми средствами автоматизации и обладающих полной надежностью, по переходу на одностадийные и малостадийные процессы, по созданию безотходных технологий и совершенствованию очистных сооружений. Усилия ученых и проектировщиков будут направлены на техническое перевооружение основных и вспомогательных процессов химической и нефтехимической промышленности, улучшение условий труда рабочих.

Л. А. Костандов подчеркнул, что непременным условием решения этих крупных народнохозяйственных проблем является тесное сотрудничество академических институтов, вузов, научно-исследовательских учреждений и предприятий министерств химического профиля, а также концентрация сил на важнейших направлениях научно-технического прогресса химической промышленности. Постоянного внимания требуют вопросы быстрого использования результатов законченных работ в промышленности и укрепления интеграции и кооперации науки и промышленности стран социалистического содружества.

На первом пленарном заседании выступили также министр химической промышленности В. В. Листов, президент Всесоюзного химического общества имени Д. И. Менделеева академик А. В. Фокин, вице-президент АН СССР академик Ю. А. Овчинников, академик Н. М. Жаворонков, министр химической промышленности Социалистической Республики Румынии Г. Каранфил, заместитель министра нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности СССР А. И. Лукашов, президент АН Азербайджанской ССР член-корреспондент АН СССР Г. Б. Абдуллаев, заместитель министра нефтяной промышленности В. М. Юдин, вице-президент Общества инженеров и техников химической промышленности (ПНР) профессор Й. Аблуй.

На заседаниях 17 секций и 2 подсекций, работой которых руководили ведущие ученые, было заслушано и обсуждено свыше тысячи докладов и сообщений, прошли дискуссии по проблемам неорганической, органической, физической, координационной и аналитической химии, электрохимии и борьбы с коррозией, химической физики и катализа, химии высокомолекулярных соединений, биоорганической химии и биохимии. Были обсуждены также актуальные задачи в области нефтехимии и нефтепереработки, теоретических основ химической технологии, химических проблем металлургии, газо- и нефтедобычи, химизации сельского хозяйства, технологии силикатов, коксохимии и технологии искусственного жидкого топлива, радиохимии, лесохимии, химического образования и химической литературы.

В работе XII Менделеевского съезда по общей и прикладной химии приняло участие более двух тысяч ученых и работников промышленности из многих городов нашей страны. Свидетельством высокого международного авторитета съезда стало участие в его работе видных зарубежных ученых. Гостями советских химиков было около 150 ученых из 22 государств, в том числе из 9 социалистических, 13 капиталистических и развивающихся стран. На съезде присутствовали руководители химической промышленности социалистических стран, что явилось одним из проявлений научно-технической кооперации стран социализма.

СТО ЛЕТ НАЗАД

РОССИЯ. Важное предупреждение. Под этим заглавием напечатано письмо нашего известного ученого А. Бутлерова. «В назидание и предупреждение считаю нужным сообщить родителям и воспитателям случай, — пишет он, — происшедший в одном близком мне семействе. Четырехлетняя девочка неосторожно приблизилась к свече, вспыхнули волосы, а с ними и гребешок, их придерживавший; последний горел настолько сильно, что не вдруг удалось потушить и в результате получились ожоги, к счастью, не особенно значительные. Дело в том, что гребешок был из целлулоида, той красивой массы, которая с большим успехом употребляется ныне, между прочим, для подделки кораллов. Вещество это общеизвестно, если не по имени, то по употреблению, но едва ли многие знают, что оно представляет смесь взрывчатой ваты и камфоры. При таком составе целлулоидная масса, понятно, является крайне легковоспламеняемой и сильно горючей. Употребление для детей изделий из нее требует поэтому большой осмотрительности или, еще лучше, должно быть совсем изгнано».

«Новое время»

Новые высокопрочные и термостойкие полимерные материалы

Среди наиболее крупных достижений советских ученых, отмеченных на XXVI съезде КПСС, работы в области химии полимеров, которые привели к созданию лучших в мире по прочности и термостойкости полимерных материалов.

В Институте высокомолекулярных соединений (ИВС) АН СССР была разработана термодинамическая теория кристаллизации и предложен метод ориентационного отверждения гибкоцепных полимеров из расплава. К гибкоцепным кристаллизующимся полимерам относятся полиолефины (полиэтилен, полипропилен), полиамиды (капрон), полиэфиры (лавсан), производство которых измеряется многими тысячами тонн. Макромолекулы этих полимеров представляют собой длинные цепи, которые при кристаллизации из расплава сворачиваются в своеобразные «гармошки», беспорядочно скрученные и сплетенные между собой. Отдельные макромолекулы химически скреплены друг с другом немногочисленными цепями, которые и определяют прочность материала на разрыв. Такого рода структуры обладают очень низкими прочностными свойствами.

В то же время проведенные в ИВС АН СССР расчеты показали, что если развернуть все макромолекулы и выстроить их параллельно вдоль оси волокна или пленки, прочность гибкоцепного полимера достигнет теоретического предела, который будет определяться прочностью химической углерод-углеродной связи. Однако все попытки повысить прочность уже сформированной пленки или волокна путем ориентационной обработки прессованием, вытяжкой и другими методами не давали заметного эффекта, поскольку макромолекулы продолжали сохранять структуру «гармошки». На основании теоретического анализа было установлено, что если распрямление макромолекул с помощью специальных воздействий проводить до температурного порога кристаллизации, т. е. когда полимер еще находится в аморфном состоянии, то при последующей кристаллизации цепочки не складываются в «гармошки», а продолжают распрямляться, образуя более упорядоченную, ориентированную структуру. При этом достаточно полностью развернуть 15—25% макромолекул, чтобы внутри пленок или волокон образовался прочный каркас.

Теоретические выкладки получили полное экспериментальное подтверждение — прочность полиэтиленовой ленты, не превышавшую 2—3 кГ/мм², в результате указанной обработки удалось повысить до 400 кГ/мм², т. е. до величины, сравнимой с прочностью металлической ленты. Позднее был предложен ряд технологических приемов и проведена их лабораторная проверка, которая показала, что метод ориентационной кристаллизации может быть в значительной степени использован на существующем промышленном оборудовании. В Охтинском научно-производственном объединении «Пластполимер» создана опытно-промышленная установка по производству обвязочной полиэтиленовой ленты и термоусадочной рукавной пленки, имеющих повышенные значения прочности и модуля упругости.

На основе установленных во ВНИИ синтетического волокна (ВНИИСВ), Научно-исследовательском физико-химическом институте им. Л. Я. Карпова, на химическом факультете МГУ и в ИВС АН СССР принципов создания значительной молекулярной предориентации в аморфном состоянии и контролируемой изотропной кристаллизации сформованных нитей сотрудниками этих институтов разработаны технологические процессы получения упроченных волокон из крупнотоннажных гибкоцепных полимеров (полипропилен, поликапроамид), а во ВНИИСВ смонтированы и введены в эксплуатацию опытно-промышленные установки по производству упрочненных полипропиленовой нити, полипропиленового сеновязального шпагата и полиамидной мононити. Эти материалы по прочности и модулю упругости значительно превосходят лучшие зарубежные аналоги. Они с успехом используются при выработке упаковочных материалов и заменяют натуральные льняные, хлопчатобумажные и джутовые волокна.

Работы по упрочнению промышленных гибкоцепных полимеров явились примером исключительно удачного сотрудничества академического института и университета с отраслевыми научно-исследовательскими и производственными организациями, в ходе которого фундаментальные исследования сочетались с поиском технологических решений.

В ИВС АН СССР под руководством члена-корреспондента АН СССР М. М. Котона были разработаны полимерные материалы, обладающие повышенной термостойкостью. Наиболее перспективными из них оказались полиаримиды и роливсаны.

Полиаримиды представляют собой ароматические линейные полиимиды с имидными циклами в основной цепи. Их макромолекулы построены из очень жестких и прочных чередующихся 5- и 6-членных циклов ароматической и гетероциклической природы. Однако путем введения в них атомов кислорода или серы — своеобразных гибких «шарниров» удается развернуть цепи в требуемой плоскости, что открывает широкие возможности варьирования свойств этих уникальных полимеров.

Полиаримиды наиболее термостойки из всех известных полимерных материалов. В то же время они негорючи, обладают высокой механической прочностью, стойкостью к истиранию и хорошими электроизоляционными свойствами, исключительно устойчивы к действию всех видов радиации и ультрафиолетового излучения, не поддаются воздействию агрессивных сред — растворителей, масел, кислот, обладают малым газовыделением в высоком вакууме и, что особенно важно, сохраняют все эти свойства в широком интервале температур: от −195° до +350—400° С. Кроме того, они устойчивы к резким перепадам температуры и давления и к вибрации. В ИВС АН СССР показана принципиальная возможность поднять термостабильность полиаримидов выше температуры 500° С.

Благодаря своим ценным физико-механическим свойствам полиаримиды находят все более широкое применение. Если вначале они использовались лишь в виде лаков и пленок для изоляции проводов и кабелей, то позднее стали употребляться и как волокна, пластические массы, связующие, различные композиционные материалы. В результате совместных работ ученых ИВС АН СССР со специалистами научно-производственных объединений «Пластмассы», «Пластик», «Химволокно» созданы и внедрены в производство полиаримидные лаки для эмальпроводов, пленка, клеи, пресс-материалы, стекло-, угле- и боропластики, по удельной прочности превосходящие легированные стали. Разработаны новые волокна «аримид» и «аримид-Т» для огнезащитных радиационно-стойких тканей. Полученные в ИВС АН СССР плавкие полиаримиды позволили наладить выпуск новых материалов для кабельной техники, упростить и ускорить трудоемкий процесс цементации обмоточных проводов.

Значительный интерес представляет новый класс электроизоляционных материалов — роливсаны или реакционноспособные олигомеры, которые в условиях эксплуатации выдерживают нагрев до температур свыше 300° С. Роливсаны получают из доступного сырья известными промышленными способами. На их основе разработаны прочные термостойкие электроизоляционные заливочные и пропиточные составы для конденсаторов и электрических машин, клеи, композиционные материалы, стекло-, угле- и органопластики, химически стойкие материалы.

Преимущество роливсанов заключается и в том, что при их отверждении выделяется мало летучих продуктов: этот процесс осуществляют простым нагреванием без добавки каких-либо реактивов.

Работы советских ученых, направленные на разработку новых полимерных материалов с ценными

эксплуатационными свойствами и создание прогрессивных методов переработки промышленных полимеров, будут способствовать выполнению решений XXVI съезда КПСС о значительном увеличении производства синтетических смол, пластических масс, химических волокон и нитей.

Фундаментальное исследование по химической термодинамике полупроводников

Государственной премии СССР 1981 года удостоен цикл работ по химической термодинамике полупроводников, выполненный коллективом ученых Московского и Воронежского государственных университетов, Московского института электронной техники и ряда институтов АН СССР под руководством академика А. В. Новоселовой и члена-корреспондента АН СССР Я. И. Герасимова.

Широкое развитие исследований в этой области было обусловлено потребностями промышленности полупроводников, привело к созданию научных основ современной технологии получения таких материалов, обладающих заранее заданным комплексом свойств.

Полупроводники составляют основу современной электронной техники и перспективны для использования в будущем. Это традиционные материалы для производства диодов, транзисторов и интегральных схем, для СВЧ-электроники и термоэлектрических преобразователей, акустической, оптической электроники, включая полупроводниковые лазеры и ИК-технику, и др.

Отмеченный премией цикл работ включает три основных направления: 1) методы термодинамического исследования, 2) термодинамические свойства полупроводников и 3) термодинамический анализ конкретных процессов получения кристаллических полупроводниковых материалов и применение термодинамических данных для разработки процессов их управляемого синтеза.

Большое внимание авторы уделили развитию теоретических положений химической термодинамики, установлению новых соотношений между термодинамическими величинами, разработке новых методов расчета химических и фазовых равновесий в сложных системах, играющих первостепенную роль в технологии получения чистых и легированных монокристаллов и пленок. Так, предложен метод термодинамического анализа фазовых равновесий с использованием нового класса величин — парциальных функций гетерогенных смесей. Метод позволяет существенно упростить выводы соотношений, выражающих условия фазовых равновесий через термодинамические свойства фаз.

Разработан метод оценки термодинамических функций химических соединений — метод молекулярного подобия. Он позволяет давать оценку абсолютной энтропии кристаллических веществ по их кристаллохимическим характеристикам. С помощью этого метода получены данные о термодинамических свойствах многих ранее не исследованных полупроводниковых фаз.

Для изучения термодинамических свойств полупроводников авторами разработан ряд новых экспериментальных методик, определены стандартные термодинамические функции более 100 полупроводниковых соединений различных типов. Эти данные, вошедшие как в отечественные, так и в зарубежные термодинамические справочники, стали исходными для расчетов химических равновесий при синтезе полупроводниковых материалов. Изучены химические равновесия более чем в 140 системах с участием полупроводниковых веществ. Результаты использовались при разработке промышленной технологии производства ряда важнейших полупроводниковых материалов (кремния, германия, арсенида и фосфида галлия и индия и др.). Получены термодинамические данные о параметрах фазовых переходов (плавлении, испарении, сублимации) для 130 веществ. Исследованы объемные изменения при переходе из твердого состояния в жидкое и рассчитаны барические коэффициенты плавления для 50 важнейших полупроводников. Результаты использовали при разработке технологии выращивания монокристаллов и при построении диаграмм состояний.

Данные по термодинамическим функциям веществ и условиям фазовых равновесий были применены авторами в расчетах оптимальных условий выращивания монокристаллов и пленок полупроводников и их легирования различными примесями как из расплава, так и из паровой фазы, в частности при участии химических транспортных реакций.

Разработанная авторами система полного термодинамического анализа многокомпонентных гетерогенных смесей явилась основой создания и оптимизации процессов выращивания чистых и легированных монокристаллических слоев полупроводников и многослойных твердотельных гетероструктур типа металл — диэлектрик — полупроводник и металл — нитридоксид — полупроводник. С ее помощью рассчитано более 50 практически важных вариантов выращивания из газовой фазы эпитаксиальных и поликристаллических слоев полупроводников и диэлектриков.

Детальный анализ термодинамики газотранспортных процессов позволил существенно сократить экспериментальный поиск оптимальных технологических режимов получения полупроводниковых структур и разработать принципиально новые процессы синтеза монокристаллических слоев. Важное значение имеют также разработанные авторами научно обоснованные рекомендации по эксплуатации электронных устройств и прибо-

СТО ЛЕТ НАЗАД

МОСКВА. Бесполезные и обременительные для заводов металлургические шлаки получили надлежащее применение. Их непосредственно употребляют при устройстве дорог, а в форме кирпичей — для постройки зданий. Кроме того, они идут на приготовление искусственных камней и как необходимая, в известных случаях, примесь — прибавляются к строительному цементу. Одна заграничная компания представила на Всемирную выставку 1878 года бутылки, сделанные из кирпичных шлаков, и получила почетный отзыв. Не меньшего внимания заслуживает выделка из этих остатков минеральной шерсти — несгораемого вещества, сходного с асбестом.

«Техник»

ПАРИЖ. Новое стекло. В заседании Парижской академии наук несколько химиков, в том числе знаменитые Дюма, Ферми, Бертало и Дебре, с любопытством осматривали выставку разных сосудов, реторт, трубочек и проч., сделанных, хотя и из стекла, но не из того, с которым мы привыкли иметь дело. Новое вещество не содержит в себе кремнистых солей. Его составными частями являются кости и фосфорнокислые соли извести. Честь изобретения принадлежит химику Сидо, представившему еще в 1877 году образчики нового стекла. Впоследствии рядом настойчивых опытов он достиг умения выделывать из них всевозможную посуду замечательной чистоты и прозрачности.

«Journal des Dèbats»

ров различного назначения (температурные режимы, условия по составу газовой среды и др.).

По основным теоретическим и экспериментальным направлениям термодинамики полупроводников работы советских ученых, результаты которых нашли отражение в 400 научных статьях, 7 монографиях, не уступают работам лучших зарубежных школ, а в ряде случаев (изучение фазовых равновесий, термодинамика фазовых переходов и др.) опережают их. За эти работы авторы получили 2 диплома на открытие и 36 авторских свидетельств, неоднократно награждались золотыми медалями и дипломами ВДНХ СССР.

Каталитические превращения углеводородов

Премии имени Н. Д. Зелинского в 1981 г. удостоены доктора химических наук О. В. Брагин и А. Л. Либерман (Институт органической химии им. Н. Д. Зелинского АН СССР) за цикл работ на тему «Исследование механизмов и стереохимии каталитических превращений углеводородов в присутствии металлов VIII группы», являющийся развитием одного из важнейших направлений работ академиков Н. Д. Зелинского и Б. А. Казанского.

Цикл работ, состоящий из 68 научных статей, посвящен исследованию механизмов различных каталитических реакций углеводородов и некоторых их производных в присутствии металлов платиновой (VIII) группы. Общим для этих работ явилось стремление авторов выявить и изучить роль стереохимических факторов, влияющих на основные закономерности взаимных превращений углеводородов разных классов. Авторы предложили оригинальный стереохимический подход к изучению механизмов каталитических процессов, заключающийся в рассмотрении образования и распада переходных комплексов на поверхности гетерогенного катализатора. Этот подход оказался весьма перспективным для установления направления каталитических реакций и предсказания каталитического действия различных групп катализаторов, что способствовало дальнейшему развитию теории катализа на твердых катализаторах.

О. В. Брагин и А. Л. Либерман открыли и подробно исследовали многие каталитические реакции углеводородов. Наибольший интерес представляют реакция дегидроциклизации алканов и алкилбензолов, заключающаяся в превращении углеводородов с линейной углеродной цепью в углеводороды с пятичленным циклом, а также аналогичная ей реакция циклизации вторичных аминов и эфиров с образованием соответственно пирролов и тетрагидрофуранов. Открытие этих реакций показало принципиальную возможность перехода от одного класса углеводородов (линейных) к другому (циклическим).

Новыми и интересными как с теоретической, так и с практической точек зрения стали исследования превращений низкомолекулярных углеводородов: этилена, этана и др., а также кислородсодержащих производных (эти соединения, являющиеся отходами ряда производств, часто не находят применения и загрязняют окружающую среду) в бензол и его гомологи. Их использование в промышленности позволит существенно расширить сырьевую базу производства ароматических углеводородов. В ходе исследований показана идентичность механизмов каталитического действия высококремнистых цеолитов, обладающих большой активностью в этой реакции, и металлоокисных катализаторов на основе металлов VIII группы.

При изучении, гидрогенолиза (разрыва углерод-углеродной связи в циклических углеводородах с присоединением водорода по месту разрыва) различных циклических углеводородов (от C_4 до C_7) на металлах платиновой группы было показано принципиальное различие механизмов реакции для платины, с одной стороны, и для рутения, родия и иридия — с другой.

Изучены взаимные переходы дизамещенных циклических стереоизомеров. Особенность этих превращений заключается в том, что к исходным молекулам не присоединяется и от нее не отрывается ни один атом; скелет молекулы сохраняется неизменным, и лишь один из заместителей переходит с одной стороны кольца на другую, т. е. изменяется конфигурация одного из С-атомов кольца. В связи с этим реакция получила название конфигурационной изомеризации. О. В. Брагин и А. Л. Либерман изучили кинетику конфигурационной изомеризации на примере индивидуальных углеводородов на различных катализаторах. Было показано, что конфигурация изомеров, длина алкильной группы, число атомов углерода в цикле, а также природа металла и носителя не оказывают существенного влияния на кинетические закономерности реакции. Наиболее важным для понимания механизма этой реакции следует считать тот факт, что конфигурационная изомеризация невозможна в отсутствии свободного водорода. Более того, выяснилось, что скорость реакции прямо зависит от его концентрации.

При исследованиях механизмов и стереохимии каталитических превращений углеводородов авторы применяли наиболее современные физические и физико-химические методы: рентгеновскую фотоэлектронную спектроскопию и спектры диффузионного отражения, которые дали возможность охарактеризовать электронное строение металла и роль носителя в катализаторах, а также кинетический и изотопный методы, позволившие получить информацию о составе переходного комплекса. Особенно перспективным оказался впервые предложенный авторами конформационный подход к анализу механизмов каталитических превращений органических соединений, вошедший сейчас в практику исследований как в нашей стране, так и за рубежом.

Отличительная особенность работ О. В. Брагина и А. Л. Либермана — сочетание и взаимное дополнение традиционных каталитических понятий, механизмов и методов со стереохимическим подходом и конформационным анализом. Это открыло новые возможности для понимания тонкого механизма гетерогенно-каталитических превращений и для предвидения каталитического действия той или иной группы катализаторов, а также позволило в ряде случаев по-новому подойти к пониманию механизма найденных и исследованных реакций и выявить общие закономерности изученных процессов. Авторами показана важная роль в катализе таких стереохимических факторов, как эффект экранирования реагирующих связей алкильными заместителями, конформационные взаимодействия не связанных между собой атомов и группировок и др.

Отмеченный премией им. Н. Д. Зелинского цикл работ показал плодотворность комплексного подхода к изучению механизма интересных в теоретическом отношении и важных для оптимизации ряда нефтехимических процессов каталитических реакций углеводородов и их простейших функциональных производных.

ТЕХНОЛОГИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Получение веществ особой чистоты

Президиум АН СССР и президиум Центрального правления Всесоюзного химического общества имени Д. И. Менделеева присудили Золотую медаль имени Д. И. Менделеева 1981 г. академику Г. Г. Девятых за цикл работ на тему «Создание физико-химических основ и разработка методов получения высокочистых веществ». Г. Г. Девятых — крупнейший в нашей стране специалист в

области теории и практики получения веществ особой чистоты, являющихся материальной основой ряда отраслей промышленности, которые определяют темпы и уровень научно-технического прогресса. Им опубликовано более 200 научных статей, три монографии, получено 32 авторских свидетельства на способы получения высокочистых веществ.

В работах Г. Г. Девятых по теории процессов получения высокочистых веществ была проведена оценка предельных возможностей различных методов глубокой очистки. Показано, что химические методы рационально использовать лишь на ранних этапах многостадийных процессов, а обеспечить высокую степень чистоты продукта могут только физико-химические и физические многоступенчатые методы, из которых наиболее широко применяются дистилляционные и кристаллизационные методы.

Поскольку между логарифмом концентрации примеси и длиной многоступенчатого разделительного аппарата существует линейная зависимость, физико-химические методы позволяют в принципе достигнуть любой глубины очистки в пределах применимости законов термодинамики, что лежит на уровне концентрации примеси, равной 10^{-17}—10^{-18}% моль. Однако при исследовании загрязняющего действия материала аппаратуры на глубину очистки веществ методом ректификации было обнаружено, что есть предельное значение концентрации примеси в очищенном продукте, которое нельзя уменьшить простым увеличением длины разделительного аппарата. Установление этой закономерности, справедливой и для других противоточных многоступенчатых методов глубокой очистки, имеет принципиальное значение для теории и практики получения веществ особой чистоты.

Интересные и важные результаты получены при изучении поведения микропримесей в форме взвешенных мелкодисперсных частиц субмикронного размера в процессах дистилляции и кристаллизации. Эти частицы, присутствующие во всех исходных веществах, трудно удалимы при очистке традиционными методами. Для решения этой проблемы Г. Г. Девятых предложил метод пленочной ректификации с воздействием на пар температурного поля (термодистилляция) Термодиффузный перенос частиц происходящий в результате этого воздействия, существенно повышает скорость массообмена, а следовательно, и разделительную способность колонны

Крупным вкладом в химию и технологию веществ особой чистоты явилась разработка теории глубокой очистки методом противоточной кристаллизации из расплава. Этот метод обладает всеми преимуществами кристаллизационных методов и в отличие от зонной плавки может быть осуществлен с использованием противотока в аппаратах колонного типа. Г. Г. Девятых показал, что при глубокой очистке веществ методом противоточной кристаллизации из расплава лимитирующая стадия массообмена — это диффузия в твердой фазе. Обнаружено и изучено специфическое для противоточной кристаллизации изменение среднего размера кристаллов при движении их по колонне. Движущей силой этого процесса является стремление поверхностной энергии к минимуму. В результате этого мелкие кристаллы плавятся, а крупные увеличиваются в размере. Определено распределение кристаллов по размерам в данном сечении колонны и влияние продольного перемешивания на ее разделительную способность. На основании этих результатов разработана математическая модель глубокой очистки веществ методом противоточной кристаллизации из расплава и тем самым созданы теоретические основы проектирования кристаллизационных колонн и выбора оптимального режима их работы.

Из других теоретических работ Г. Г. Девятых, которые способствовали развитию и становлению ряда высокоэффективных методов глубокой очистки веществ, необходимо отметить следующие: изучено влияние отбора продукта на разделительную способность и динамику работы ректификационных колонн; разработаны статистические методы вычисления коэффициентов разделения примесей при равновесии жидкость—пар, жидкость—твердое тело (эти коэффициенты являются основной величиной, определяющей эффективность дистилляционных и кристаллизационных методов глубокой очистки); исследована кинетика процесса ректификации; созданы математические модели глубокой очистки веществ методом ректификации в отборном и безотборном режимах с учетом загрязняющего действия материала аппаратуры, а также осложняющих очистку химических реакций (например, реакции терморазпада очищаемого вещества).

Г. Г. Девятых проанализировал способы получения простых веществ (элементов) в особо чистом состоянии и разработал теоретические основы процессов их очистки через летучие соединения. Показано, что благородные газы, галогены, азот, кислород, сера, фосфор, щелочные металлы, ртуть целесообразно очищать в виде простых веществ дистилляционными и кристаллизационными методами. Через летучие галиды или гидриды целесообразно получать бор, углерод, кремний, германий, олово, мышьяк, сурьму, селен, теллур, ванадий, ниобий, висмут, молибден, вольфрам, железо, рений и некоторые другие; через металлоорганические соединения — элементы подгруппы меди, цинка, галлия, свинец, марганец, рений, платиновые металлы.

Г. Г. Девятых с сотрудниками разработали методы получения и анализа большого числа веществ особой чистоты, используемых в современной технике. В высокочистом состоянии получены летучие неорганические гидриды и хлориды элементов IV—VI групп периодической системы элементов, металлоорганические соединения, простые вещества (германий, олово, сурьма, сера, селен, теллур). По степени чистоты эти вещества превосходят лучшие из зарубежных образцов аналогичных веществ. Методы получения особо чистых аммиака, арсина, трихлорсилана, серы, тетрахлоридов кремния и германия, теллура внедрены в промышленное производство. Опытное производство, созданное Г. Г. Девятых в Институте химии АН СССР, обеспечива-

СТО ЛЕТ НАЗАД

МОСКВА. Искусственно приготовленных алмазов пока мы не имеем. Если бы это и удалось кому-либо, то важного значения для людей такое открытие не имело бы, алмаз делался бы дешевым предметом, как обыкновенное стекло, и тогда, конечно, перестали бы отыскивать его в природе и тратить на это время и работу, стали бы употреблять их на что-нибудь другое, более полезное. Вообще если бы и совсем не было на свете алмаза, мы ничего бы не потеряли, он, правда, красив, сильно блестит, но пользы не приносит, и его скромные, не блестящие сродственники угли заслуживают с нашей стороны гораздо большего внимания и почтения.

«Известия Общества любителей естествознания»

АНГЛИЯ. Если верить последним известиям английских газет, недавно изобретен способ приготовления алюминия вдесятеро дешевле против существующей цены. Это должно обеспечить ему в недалеком будущем громадное количество новых применений, вытекающих из его разнообразных качеств, но невозможных при нынешней его дороговизне. Очевидно, алюминию предстоит блестящая промышленная будущность.

«Nature»

ет некоторыми особо чистыми веществами (сероводородом, селеноводородом, гидридами кремния и германия, треххлористым мышьяком и др.) отдельные промышленные предприятия. За коллекцию высокочистых веществ Институт в 1979 г. был отмечен Золотой медалью осенней Лейпцигской ярмарки.

По инициативе Г. Г. Девятых при Отделении физикохимии и технологии неорганических материалов АН СССР создана Всесоюзная постоянно действующая выставка-коллекция высокочистых веществ, на которую представляются образцы всех веществ высокой чистоты, получаемых в нашей стране. Создание выставки-коллекции улучшило координацию работ по получению высокочистых веществ и определению степени их чистоты. На базе выставки-коллекции совместно с Государственной службой справочных данных создается банк данных по высокочистым веществам.

Г. Г. Девятых стремился всегда получить предельно чистые вещества с минимальным суммарным содержанием примесей. Эта сторона исследований, часто скрытая огромным прикладным значением высокочистых веществ, имеет фундаментальное значение для химической науки, поскольку открывает возможность изучать истинные свойства веществ, не замаскированные присутствием примесей.

Плодотворную научную деятельность Г. Г. Девятых успешно сочетает с большой научно-организационной, педагогической и общественной работой. Он заведует кафедрой химии в Горьковском государственном университете, является председателем Научного совета АН СССР по проблеме «Физикохимия и технология высокочистых веществ», членом бюро Отделения физикохимии и технологии неорганических материалов АН СССР, председателем Всесоюзной постоянно действующей выставки-коллекции высокочистых веществ АН СССР, членом правления Всесоюзного общества «Знание» и председателем правления Горьковской областной организации этого общества.

Искусственное титановое сырье

Хотя титан стал применяться в качестве самостоятельного конструкционного материала сравнительно недавно — только в 50-х годах XX века, последние десятилетия характеризуются стремительным ростом его роли в материальном производстве, о чем свидетельствует, в частности, резкое увеличение мирового потребления титана. Более того, масштабы производства титана и состояние его металлургии рассматриваются сейчас в качестве одного из показателей уровня технического развития страны.

Основные преимущества титана перед другими конструкционными металлами заключаются в сочетании легкости, прочности и коррозионной стойкости. Титановые сплавы по абсолютной, а тем более по удельной прочности превосходят большинство сплавов на основе других металлов при температурах от -250 до 550° С, а по коррозионной стойкости сравнимы со сплавами благородных металлов. Основные области применения титана и его сплавов: авиационная и ракетно-космическая техника, морское судостроение, химическое машиностроение, криогенная техника и др. При этом использование титана не только увеличивает срок службы оборудования, но и позволяет интенсифицировать ряд промышленных процессов.

Однако возможности еще более широкого применения титана ограничены его высокой стоимостью, обусловленной большими техническими трудностями извлечения металла из руд и его переработки. Серьезные затруднения связаны также с проблемой сырьевой базы. Дело в том, что в Советском Союзе отсутствуют промышленные запасы рутила — основной титановой руды, содержащей свыше 94% двуокиси титана. Решением этой проблемы явился переход отечественной титановой промышленности на стабильное по качеству искусственное титановое сырье. Это позволило не только обеспечить металлургию титана надежной сырьевой базой на обозримую перспективу, но и производить самый высококачественный, по оценкам зарубежных экспертов, титан в мире.

Созданию нового вида титанового сырья и разработке технологии его получения предшествовали широкие исследования, проведенные в Институте металлургии имени А. А. Байкова (ИМЕТ) АН СССР под руководством доктора технических наук В. А. Резниченко. Ученым удалось обнаружить новый класс титансодержащих минералов, не встречающихся в естественных земных условиях и получивших поэтому название искусственных титанатов. Эти минералы представляют собой оксидные вещества кристаллического строения, содержащие разновалентные ионы титана и характеризующиеся общей природой химической связи. Они содержатся, как установлено, в различных продуктах металлургического производства: титанатных шлаках, титанатных спеченных материалах (агломератах, металлизованных, офлюсованных и восстановленных окатышах и т. д.), а также в искусственных рутиловых концентратах, получаемых в результате разнообразных химико-технологических обработок железотитанового сырья. Среди искусственных титанатов наибольший технологический интерес представляют минералы с высоким содержанием окислов титана: бардинит, тагировит и аносовит. Именно эти минералы и составляют основу искусственного сырья для производства титана и его пигментной двуокиси.

Ученые ИМЕТ АН СССР всесторонне изучили процессы образования искусственных титанатов в технологических агрегатах, разработали способ получения искусственного рудного титанового сырья. Этот способ предусматривает комплексное использование недефицитных ильменитовых, титаномагнетитовых и перовскито-титаномагнетитовых рудных концентратов, а также титансодержащих отходов производства и позволяет целенаправленно формировать технологические свойства конечного продукта. Последующие опытно-конструкторские и опытно-промышленные исследования, осуществленные учеными ИМЕТ АН СССР и Всесоюзного научно-исследовательского и проектного института титана совместно со специалистами Запорожского, Березниковского и Усть-Каменогорского титано-магниевых комбинатов, привели к разработке не имеющего аналогов в мировой практике высокопроизводительного технологического процесса получения искусственных титанатов, основанного на электротермии. Этот процесс осуществляется в оригинальных по конструкции мощных закрытых руднотермических электропечах с попутным получением микролегированного стального полупродукта для черной металлургии. Он обеспечивает высокоэффективное использование тепловой и электрической энергии (КПД практически увеличился в 2 раза), надежную защиту окружающей среды от загрязнений (выброс газов в атмосферу сократился в 70 раз, пыли — в 20 раз) и коренное улучшение условий труда. Для получения искусственного титанового сырья используются дешевые некондиционные бедные руды россыпных месторождений Украины, которые до разработки нового процесса не применялись в металлургии. В перспективе открывается возможность использовать рудные железо-титановые концентраты крупных коренных и россыпных месторождений Урала, Кольского полуострова, Северо-Запада, Западной Сибири, зоны Байкало-Амурской магистрали и других регионов нашей страны. Кроме того, новый процесс позволяет перерабатывать некондиционные титановые отходы, которые невозможно облагородить известными приемами.

Ряд технологических и аппаратурных решений проблемы получения искусственного титанового сырья защищен авторскими свидетельствами и отмечен медалями ВДНХ СССР. Среди них — плавка рудных концентратов в шлаковой среде, близкой по составу к производимым искусственным титанатам, что в десятки раз повысило стойкость футеровки и намного увеличило компанию электропечных агрегатов; использование для плавки

герметичных закрытых печей новой конструкции, специально созданных для работы на высокоэлектропроводных титанатных расплавах в спокойном режиме, и другие.

За решение проблемы получения искусственного титанового сырья с заданными технологическими свойствами и защиты окружающей среды на основе комплексного использования рудных концентратов и отходов производства группа ученых и инженерно-технических работников АН СССР и Министерства цветной металлургии СССР удостоена Государственной премии СССР 1981 года.

Первое бессточное металлургическое предприятие

В принятых XXVI съездом КПСС Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года указано на необходимость «увеличить мощности систем оборотного и повторного использования вод, разрабатывать и внедрять на предприятиях бессточные системы водоиспользования». Постановка этой задачи обусловлена тем, что в настоящее время уже невозможно обеспечивать потребности развивающейся промышленности в воде только путем привлечения новых ее источников. Нельзя считать кардинальным решением проблемы и простое увеличение мощности традиционных очистных сооружений, поскольку даже самые совершенные системы очистки загрязняют водоемы остающимися в стоках веществами. Кроме того, отходы практически всех отраслей промышленности, в том числе и сбрасываемые в водоемы, могут быть сырьем для получения полезной продукции.

Ярким примером принципиально нового решения этой проблемы явилась разработка и внедрение замкнутой безотходной системы использования воды для крупнейшего в стране цеха холодной прокатки трансформаторной стали Верх-Исетского металлургического завода имени В. И. Ленина. Этот цех расположен в центральной части Свердловска, на берегу Верх-Исетского пруда — единственного источника питьевой воды для населения промышленного узла. Замкнутая система водного хозяйства цеха холодной прокатки, мощностью более 400 тыс. кубометров в сутки, за 8 лет эксплуатации убедительно доказала свою надежность, экономичность и большую социальную значимость. Качество регенерированной воды отвечает высоким требованиям производства трансформаторной стали.

Создание безотходной системы водоснабжения, при которой исключен сброс в водоем отработанных стоков и утилизируются образующиеся отходы, потребовало проведения широкого комплекса научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, поскольку промышленная практика еще не знала подобных решений. Эти работы были проведены коллективом сотрудников специально организованной центральной лаборатории Верх-Исетского металлургического завода, Уральского политехнического института, Уральского государственного института по проектированию металлургических заводов и Свердловского НИИ химического машиностроения. Крупномасштабные опыты на модельных и полупромышленных установках позволили определить исходные требования к проектируемой системе, сооружение которой было осуществлено в сжатые сроки.

На очистных сооружениях цеха холодной прокатки производится очистка девяти видов сточных вод. По типу загрязнений они объединены в четыре группы, для каждой из которых имеются специальные очистные сооружения. Так, травильные растворы перерабатывают на кремне-купоросной установке, получая в результате очищенный раствор, возвращаемый в производственный цикл, и товарный железный купорос. Кислые промывные воды травильных отделений нейтрализуют, после чего вода используется повторно, а содержащие железо осадки подвергаются дальнейшему окислению. Образующийся осадок обезвоживается на фильтр-прессах и применяется в производстве. Промывочные стоки, в которых присутствует мелкодисперсный оксид магния и кальция, осветляют в специальных сгустителях. Осветленная вода (для улучшения очистки ее пропускают через кварцевые фильтры) поступает в цех, а осадок обезвоживают и утилизируют. Содержащие масла стоки отстаиваются, после чего очищаются на флотаторах и фильтруются. Очищенную воду и осадки используют повторно. Чтобы исключить попадание в водоем стоков цеха, впервые в отечественной практике разработана и внедрена выпарная обессоливающая установка. Она дает конденсат высокого качества, а растворенные соли выделяются в виде сухого остатка. Такие установки позднее нашли применение на предприятиях различных отраслей.

Создание замкнутой системы водоснабжения потребовало также и перестройки основного технологического процесса с целью сократить потребление воды и уменьшить количество выделяющихся загрязнителей. Так, в цехе были изменены традиционные схемы промывки стали, внедрено многократное использование воды. В результате удалось сократить количество сильно загрязненных стоков, а освободившиеся очистные сооружения использовать по-новому. Например, горизонтальные отстойники переоборудованы в водоемы для разведения карпа, причем продуктивность рыбоводного участка превышает 150 т в год. Значительно улучшились условия труда рабочих, поскольку все технологические процессы бессточной и безотходной системы водного хозяйства полностью механизи-

СТО ЛЕТ НАЗАД

ХАРЬКОВ. В заседании Харьковского отделения технического общества П. А. Новосельский сообщил о произведенном им усовершенствовании в приготовлении вторичных батарей — электрических аккумуляторов. Ими пользуются для собирания электричества, которое может быть потом расходуемо по желанию для разных целей. В особенности это удобно и выгодно, если устроена в городе станция, где при помощи какой-либо механической силы добывается электричество для аккумуляторов, которые потом можно или развозить по домам к потребителям электричества, или пропускать это последнее к ним по проволокам. Отличие предложенного аккумулятора заключается в приготовлении его пластинок из сплава свинца и цинка.

«Техник»

ФРАНЦИЯ. Сообщается, будто бы на одном из значительных заводов в С. Этьене могут прокатывать металлы в жидком состоянии. Между тем обыкновенно прокатку производят при температуре, близкой к пластичному состоянию металла. Машина для нового способа прокатки состоит из цилиндров, в которых циркулирует вода для поддержания требуемой температуры. Особо приспособленный распределитель пропускает расплавленный металл между цилиндрами. Металл охлаждается при прокатке и принимает вид плит или [illegible]

Не входя в под[illegible]
в той выго[illegible]
какие [illegible]
в гл[illegible]
раз[illegible]

рованы и автоматизированы.

Опыт Верх-Исетского металлургического завода имеет большое значение не только с экологической, но и с экономической точки зрения. Стоимость новой системы водоснабжения составила около 3% от стоимости всего комплекса цеха. Себестоимость оборотной воды в 1,6 раза ниже себестоимости свежей воды. Прямой экономический эффект составляет 1350 тыс. руб., а народнохозяйственный эффект, с учетом предотвращения загрязнения окружающей среды, превышает 10 млн. руб. Затраты на систему безотходного водоснабжения окупились менее чем за два года.

Природоохранный опыт верх-исетских металлургов нашел широкий отклик. Аналогичные безотходные системы водного хозяйства введены в эксплуатацию на Первоуральском новотрубном и Лысьвенском металлургическом заводах и сооружаются на «Уралмаше». Всего в Уральском экономическом регионе будет построено восемь таких систем, а по Минчермету СССР закончено проектированием и находится в стадии строительства 75 систем.

За разработку и внедрение безотходной системы водного хозяйства цеха холодной прокатки Верх-Исетского металлургического завода с целью охраны окружающей природной среды коллективу уральских ученых и инженеров присуждена Государственная премия СССР 1981 года.

Кинетика процессов экстракции

Премия имени Д. И. Менделеева, которой отмечаются оригинальные теоретические исследования в области химии и химической технологии, в 1981 году присуждена члену-корреспонденту АН СССР Г. А. Ягодину и кандидату химических наук В. В. Тарасову (Московский химико-технологический институт им. Д. И. Менделеева) за серию работ в области кинетики экстракции неорганических веществ и межфазных явлений в системах жидкость — жидкость. Эти работы опубликованы с 1970 по 1981 г. в различных периодических изданиях и сборниках научных трудов.

Интенсификация массообменных и, в частности, экстракционных процессов, целенаправленное воздействие на скорость и селективность массопередачи невозможны без глубокого понимания механизма явлений, протекающих на границе раздела фаз.

Широко распространенные в технологии редких, радиоактивных и цветных металлов межфазные процессы экстракции особенно осложнены поверхностными химическими реакциями и массообменно-десорбционными [illegible] раздела фаз, [illegible] целым [illegible] ботах Г. А. Ягодина и В. В. Тарасова развит комплексный подход к изучению всех этих сложных явлений.

Авторами разработаны физико-химические основы кинетики экстракции и межфазных процессов в системах электролит — неэлектролит, в том числе новые методы и приборы, математические модели нестационарных диффузионно-химических процессов, а также приемы идентификации межфазных процессов и их последующего изучения.

Особенно продуктивным оказался метод кратковременного контактирования фаз, позволяющий при уменьшении в 100—1000 раз времени эксперимента и расхода реагентов идентифицировать и исследовать химические реакции в 10—50 раз более быстрые, чем удавалось сделать существовавшими методами. Были определены константы скорости реакций, коэффициенты диффузии, коэффициенты адсорбционно-десорбционного равновесия, а также другие величины, необходимые для описания кинетики экстракции неорганических веществ и расчета массообменных аппаратов. Одновременно авторами были сконструированы приборы, позволившие впервые изучить реологические, адгезионные и электрические свойства межфазных слоев в экстракционных системах.

Авторы выявили две главные особенности кинетики экстракции неорганических веществ. Первая связана с существенной или даже определяющей ролью поверхностных реакций, при описании которых необходимо учитывать адсорбцию всех поверхностно-активных компонентов системы, а также то обстоятельство, что эти реакции могут протекать как между адсорбируемыми частицами, так и в результате взаимодействия адсорбированных частиц с частицами, поступающими из объема какой-либо фазы. Вторая особенность заключается в образовании межфазных пленок различной природы, влияющих на протекание реакций и сильно уменьшающих скорость расслаивания эмульсий.

В производственной и лабораторной практике часто приходится встречаться с образованием устойчивых эмульсий, затрудняющих процесс межфазного обмена и существенно снижающих эффективность работы промышленных экстракторов. Несмотря на практическую важность этой проблемы, до недавнего времени она оставалась малоизученной ввиду исключительной сложности и отсутствия надежных экспериментальных методик и соответствующих приборов. Работы Г. А. Ягодина и В. В. Тарасова явились, по существу, первым глубоким теоретическим и экспериментальным исследованием в этой области, которое привело к получению конкретных практических результатов.

Авторам впервые удалось установить характерные признаки процессов, сопровождающихся возникновением структурно-механических барьеров, выявить основные причины и закономерности образования межфазных пленок, обладающих повышенной вязкостью или механической прочностью. Доказан гидролизно-ассоциативный механизм образования пленок, не только объясняющий наблюдаемые явления, но и позволяющий предсказывать их. Показано, что именно образование пленок — основная причина того не находившего ранее объяснений факта, что скорости процесса зависят от времени и концентрации. Впервые обнаружено и исследовано изменение физико-химических свойств приповерхностных слоев органической фазы вследствие их обогащения водой, переносимой промежуточными комплексами. Возникающее при этом дополнительное сопротивление массопередаче оказывается особенно существенным в условиях, характерных для современных массообменных процессов. Полученная информация важна для правильной организации процесса в экстракционной аппаратуре, а также выбора агентов, препятствующих образованию пленок.

Г. А. Ягодин и В. В. Тарасов выдвинули новые представления о роли поверхностно-активных веществ (ПАВ) в процессе экстракции. Доказано, что ПАВ влияют на скорость реакций, протекающих на межфазной границе и вблизи нее, а также на проницаемость межфазных пленок. Установлен механизм этого влияния и показано, что катализ и ингибирование поверхностных процессов связаны с зарядом, который ПАВ сообщают межфазной поверхности. Знание этих закономерностей открывает путь к целенаправленному подбору новых эффективных катализаторов, управлению скоростью и селективностью процессов экстракции.

На основании полученных результатов Г. А. Ягодин и В. В. Тарасов разработали рекомендации по интенсификации ряда промышленных процессов экстракции с медленными реакциями, а также осложненных образованием межфазных пленок. В частности, предложены эффективные катализаторы химических реакций при экстракции цветных металлов оксиоксимами, при реэкстракции урана из растворов его соединений нейтральными фосфорорганическими реагентами и др. Сконструирован виброэкстрактор — массообменный аппарат нового типа, успешно применяющийся в ряде производств даже в тех случаях, когда использование других аппаратов оказывается невозможным вследствие плохого расслаивания эмульсий.

БИОЛОГИЯ, МЕДИЦИНА, СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Нобелевская премия — исследователям мозга

Нобелевская премия 1981 года присуждена исследователям мозга — Роджеру В. Сперри (род. в 1913 г.), профессору психобиологии в Пасадене (Калифорния) и бостонским ученым, которые совместно работают в течение двух десятилетий — выходцу из Канады профессору Дэвиду Г. Хьюбелу (род. в 1926 г.) и шведу по рождению профессору Торстену Н. Визелу (род. в 1924 г.).

Этой наградой подчеркнуто исключительно важное значение науки о нервной системе, в особенности, о высших функциях мозга человека для лучшего понимания биологических основ взаимодействия человеческого организма с окружающей средой и для разработки совершенных методов лечения нервнопсихических заболеваний.

С начала 50-х гг. Р. Сперри проводил экспериментальные исследования функций мозга, лежащих в основе поведения организма. Независимо от П. К. Анохина (СССР) и фон Хольта (ФРГ), но почти одновременно с ними он в исследованиях на рыбах установил, что для приспособления организма к среде и процессов обучения решающее значение имеет реафферентная (обратная) сигнализация, благодаря которой поведенческие эффекты сопоставляются с хранимыми в мозге программами действий. Большое теоретическое значение имеют его работы в области нервных основ условного рефлекса. Нобелевская премия присуждена ему за исследования на людях. В этих исследованиях ему помогали нейрохирурги и психологи.

Как известно, головной мозг человека состоит из двух полушарий, связанных друг с другом обширной системой нервных волокон (200 млн. волокон). Если при тяжелых эпилептических припадках обычные методы лечения не дают эффекта, хирургическое прерывание этой системы при известных обстоятельствах может приводить к выздоровлению. Подвергшиеся такой операции люди в повседневном поведении не обнаруживают ничего необычного. Но при специальных исследованиях таких пациентов Р. Сперри установил, что оба полушария головного мозга параллельно, но по-разному обрабатывают и накапливают поступающую из окружающего мира информацию. Левое полушарие перерабатывает ее преимущественно абстрактно-отвлеченно: здесь находят свое выражение нейрофизиологические процессы, лежащие в основе речи, письма, счета и логического мышления. Правое полушарие в противоположность этому обрабатывает информацию прежде всего образно-наглядно, т. е. оценивая в первую очередь пространственно-временные отношения внешнего мира; конкретное мышление, художественное восприятие, понимание музыки основываются на нейрофизиологических механизмах правого полушария.

У неоперированных здоровых людей эти относительные межполушарные различия функций выявляются с большим трудом, так как оба полушария мозга, будучи связанными друг с другом мощной системой нервных волокон, функционируют в постоянном тесном взаимодействии. При односторонних повреждениях мозга (при кровоизлияниях или травмах) эти различия, однако, обнаруживаются: повреждения левого полушария ведут — помимо параличей правой половины тела — к утрате или нарушениям речевой функции (афазия); повреждения правого полушария мозга, напротив, не влияют на речевую функцию. Найденные различия в переработке информации и ее накоплении в обоих полушариях мозга человека имеют основополагающее значение для теории человеческого сознания и для лечения пациентов с повреждениями мозга.

Д. Хьюбел и Т. Визел в фундаментальных исследованиях на кошках выяснили механизмы переработки информации в комплексе связанных друг с другом нервных клеток зрительной области коры мозга. Они пользовались микроэлектродной регистрацией активности этих клеток при воздействии локальных световых стимулов. Оба исследователя доказали существование простых, сложных и сверхсложных клеток. В простых клетках активация наступает при появлении в определенных частях поля зрения изображения линий или контрастных границ. Нервные клетки сложного типа реагируют на линии, движущиеся в более широкой части поля зрения. Сверхсложные клетки активируются только тогда, когда они получают световой импульс от обеих сетчаток (бинокулярное, пространственное зрение); они не возбуждаются, если освещается только один глаз. Все три типа корковых нейронов чувствительны к пространственной ориентации движущихся в поле зрения полос, а часть из них избирательно реагирует и на направление движения этих стимулов. Таким образом Д. Хьюбел и Т. Визел доказали, что отдельные нервные клетки зрительной об[illegible]сти коры больших полушарий р[illegible]руют на совершенно различны[illegible]бенности раздражения поля зрения. На высших иерархических уровнях зрительной системы — в коре больших полушарий происходит чрезвычайно сложная переработка поступающей зрительной информации, отражающая наиболее существенные черты динамической картины мира. Морфологическая основа этих процессов — сложные объединения корковых нейронов в виде вертикальных (по отношению к поверхности коры) колонок. Как показали исследования других ученых, такой принцип переработки информации реализуется и по отношению к слуху, осязанию, сенсомоторике.

Далее Д. Хьюбел и Т. Визел установили, что у кошек корковая система, перерабатывающая информацию, созревает в раннем онтогенезе лишь постепенно. Дифференциация и специализация определенных корковых клеток не происходит, если на 3—6 неделе после рождения к ним не поступает зрительная информация (например, при зашивании век) или она носит измененный характер, чего добиваются установкой перед глазами рассеивающих линз, созданием искусственного косоглазия и т. д. Этот временной отрезок называют критическим периодом для созревания центральной зрительной системы у кошек.

Сделанное открытие имеет наибольшее значение для педиатрии. На ранних этапах развития ребенка существуют критические периоды для созревания центральных систем переработки информации. Отсутствие в эти периоды (для различных функций они лежат в разных возрастных интервалах) достаточного притока внешних раздражений приводит к тому, что в мозге не образуются центральные объединения нейронов или эти объединения носят несовершенный характер. В результате возникают более или менее выраженные нарушения поведения в последующей жизни.

Новое в изучении биологических мембран

Постановлением Президиума Академии наук СССР премия имени А. Н. Баха 1981 года присуждена доктору биологических наук А. И. Арчакову (2-й Московский государственный мединститут имени Н. И. Пирогова) за серию работ «Микросомальное окисление».

Бурное развитие исследований по вопросам структуры и функций биологических мембран — [illegible]ке, транспо[illegible] орг[illegible]

Основы современных представлений об окислительных процессах, протекающих в живых организмах при участии активированного молекулярного кислорода, были заложены классическими трудами выдающегося русского ученого академика А. Н. Баха в 1894—1897 гг. Резкое возрастание интереса к этим процессам в наше время связано с начавшимся в последнее десятилетие изучением микросомального окисления, т. е. окисления на уровне мелких внутриклеточных функциональных образований, или органелл, называемых микросомами.

А. И. Арчаков, исследуя мембраны (оболочки) особой сетчатой органеллы — эндоплазматического ретикулума клеток печени, обнаружил окислительно-восстановительные реакции, протекающие в данном типе мембран, и выделил их в самостоятельный класс реакций, обозначив термином «микросомальное окисление».

Автор относит к микросомам морфологически замкнутые везикулы (пузырьки), в которые превращается эндоплазматический ретикулум, выделенный из клетки. По мнению автора, микросомы — одна из форм существования эндоплазматического ретикулума в изолированном состоянии. До сих пор ретикулум удается выделять из клетки лишь в виде группы микросом. Поэтому в морфологическом смысле ценность термина «микросомальное окисление» невелика, значительно весомей его биохимическая значимость. Так удается объединить целый ряд окислительно-восстановительных процессов. Помимо реакций гидроксилирования и перекисного окисления, к ним относятся реакции окисления ненасыщенных жирных кислот, переноса электронов и так называемой десатурации. «Емкость» термина оказывается очень большой.

Основная заслуга А. И. Арчакова — в разработке схемы молекулярной организации гидроксилазных систем, расщепляющих органические соединения при участии воды. Выявлена роль дыхательного фермента цитохрома Р-450 в реакциях гидроксилирования. О наличии такого «ненасыщенного, легкоокисляемого вещества-фермента, способного присоединять к себе группы —О—О— и передавать затем свой активный кислород труднокисляемым веществам», знал и А. Н. Бах. Но только исследования А. И. Арчакова позволили утверждать, что основной фермент микросомального окисления — именно цитохром. Автор реконструировал подобную систему из изолированных белков и [illegible] оригинальную систему [illegible] цитохрома Р-450 [illegible].

ных мембран, повреждающихся в процессе работы редокс-цепей (окислительно-восстановительных цепей) и обнаружил существование реакции мембранного переноса электронов и латерального (вдольмембранного) транспорта редокс-эквивалентов с помощью цитохрома b_5.

Большой интерес представляют полученные А. И. Арчаковым данные об образовании в гидроксилазных реакциях активных метаболитов, способных ковалентно (через общие электроны) связываться с альбумином. Образующийся высокомолекулярный конъюгат обладает антигенной активностью. Этот факт указывает на то, что гидроксилазные реакции имеют важное значение для иммунологических процессов. Значит, ферментная система, активирующая молекулярный кислород в таких реакциях, выполняет функцию по обезвреживанию чужеродных соединений, попадающих в организм извне. Установлена ее ведущая роль в метаболизме лекарственных веществ, а также ядов, канцерогенов, мутагенов, объединенных термином «ксенобиотики».

Из сказанного видно, что экспериментальные исследования организации и функции редокс-цепей в мембранах эндоплазматического ретикулума печени имеют прямой выход в клиническую медицину. Практическую ценность приобретает познание молекулярной основы редокс-цепей и ориентации их в мембранах, механизма функционирования цитохромов и т. д.

В своих трудах А. И. Арчаков подробно освещает особенности строения мембран эндоплазматического ретикулума, дает сравнительный анализ митохондриальной (митохондрии — тоже органеллы) и микросомальных редокс-цепей. Особое внимание он уделяет биогенезу и реконструкции этих цепей: по мнению автора, они будут играть решающую роль в окончательном выяснении структуры и функции микросомальных ферментных систем. Подробно рассматривается механизм реакций перекисного окисления и гидроксилирования и их роль в физиологических процессах клетки, особенно при возникновении патологических состояний.

Автор базируется преимущественно на собственном экспериментальном материале. Это дает ему возможность достаточно обоснованно высказывать свою точку зрения. Исследования А. И. Арчакова открывают пути практического использования окислительных реакций для получения фармакологически активных метаболитов — основы лекарственных веществ. Окислительная обезвреживающая функция цитохрома Р-450 смоделирована в простой электрохимической системе, которая в настоящее время испытывается в качестве одного из вариантов «искусственной печени». Автором предложена оригинальная гипотеза возникновения атеросклероза, рассматривающая нарушение процессов окисления холестерина в биологических мембранах с участием цитохрома Р-450 в качестве ведущего патогенетического звена в развитии этого заболевания.

Учение о фитохорионах — естественных растительно-географических областях Земли

Для последних десятилетий характерно резкое усиление антропогенного воздействия на биосферу, отчего многие не только животные, но и растительные виды безвозвратно исчезают с лика Земли или становятся редкими. Охрана зеленого убора нашей планеты превратилась в глобальную проблему. Существенная помощь исследователям в этой работе — фундаментальный труд академика А. Л. Тахтаджяна «Флористические области Земли», удостоенный Государственной премии 1981 года.

Сравнительное изучение флор разных стран и континентов ведется уже не одно столетие. Давно возникла необходимость разделить земной шар на естественные флористические области. Подобные попытки предпринимались еще в начале прошлого века. Наиболее удачная из них — работа датского ботаника Скоу (Schouw), сохранившая свое значение до настоящего времени. В своей книге «Grundzüge einer allgemeinen pflanzengeographie» («Основы общей географии растений»), опубликованной в 1823 г., он делит флору Земли на 25 «царств», а некоторые из них — еще на «провинции». Эти термины стали общепринятыми в ботанической географии.

За последующие более чем полтораста лет в географии растений были достигнуты очень большие успехи — например, разработана безупречная в логическом смысле система хорионологических категорий. Общебиогеографический термин «хорион» (по-греч. «оболочка»), означающий определенное единство географического «ядра» и биологической «оболочки», был предложен в 1958 г. Тарриллом (Turrill), и сейчас в основу флористического подразделения земного шара заложена иерархическая классификация соподчиненных хорионов разного ранга. Высшие из них — царства. Число их невелико. Большинство исследователей (и А. Л. Тахтаджян) подразделяют флору суши на 6 царств: Голарктическое, Палеотропическое, Неотропическое, Капское, Австралийское и Антарктическое (у А. Л. Тахтаджяна — Голантарктическое). Их оказывается достаточно, чтобы разграничить основные типы флор. Царства, в свою очередь, делятся на области, в пределах которых могут различаться провинции. Низшей хориологической категорией

флористической системы служит округ. Нередко применяются промежуточные термины: подцарство, подобласти и пр.

А. Л. Тахтаджян предложил назвать эту отрасль знания хорономией и внес в нее много нового. При флористическом районировании исследователи интуитивно придерживаются правила: чем меньше размер устанавливаемой провинции, тем более четки должны быть ее флористические отличия от других. Общепризнано, например, выделение Восточноевропейской, Североевропейской, Западносибирской провинций. Они не отличаются значительным своеобразием, но занимают обширные территории. А вот на Кавказе провинции несравненно меньше. И здесь А. Л. Тахтаджян вносит существенные коррективы: если в 1909 г. Н. И. Кузнецов установил для территории Кавказа 19 провинций, то теперь их число сокращено до семи.

Желание преувеличить внутрипровинциальные различия и сейчас заметно во многих работах узкорегионального толка. Авторы нередко стремятся превратить подпровинции и даже округа в самостоятельные провинции без должных для этого оснований. Позиция А. Л. Тахтаджяна диаметрально противоположна, и она серьезно обоснована. Он стремится предотвратить возможность возникновения «хорономической инфляции», которая сделает флористическую систему слишком громоздкой, малопригодной для широкого применения.

Несомненно, любое деление на флористические области в значительной степени условно. В природе один хорион переходит в другой постепенно. Отдельные авторы считают это основанием для отказа от составления флористических карт; иногда они идут на установление промежуточных областей со взаимным проникновением флор. В итоге проведенные исследования не получают должного завершения. На карте флористических областей Земли, созданной А. Л. Тахтаджяном, границы хорионов достаточно определенны, что несомненно полезней как для научных, так и для практических или учебных целей. Убедительность его построений возрастает оттого, что пограничные линии проходят по участкам, где флористическое сходство между соседними хорионами убывает наиболее заметно. Конечно, подобные границы становятся более условными на равнинных пространствах, где переходные районы очень широки. Но и там такое деление представляется целесообразным.

В последнее время для статистического анализа флоры все больше используются методы математической обработки с применением компьютеров. Подобный подход полезен, но не следует придавать количественным методам излишнюю значимость. Гораздо более важным остается систематическое и биогеографическое изучение флористических областей. Эту мысль хорошо подтверждает опыт монографии А. Л. Тахтаджяна. Наиболее важным материалом для флористического районирования оказывается выяснение ареалов — областей распространения всех видов.

Очень интересно рассматривает автор возможность создания обобщенной системы хорионов, пригодной для всего видового разнообразия растительного мира. Дело в том, что некоторые биогеографы даже не видят реальных путей для ее построения. Они ссылаются на то, что высшие систематические подразделения органического мира появились в разные геологические периоды и даже эры, а, следовательно, палеогеографические изменения суши не могли одинаково влиять на их современное распространение. Действительно, замечает А. Л. Тахтаджян, современное распространение папоротников во многом отличается от современного распространения значительно более поздних цветковых растений. Следует ли из этого, что для каждой крупной систематической группы необходимо создать свою систему хорионов? Конечно нет. Ведь каждая флористическая область — это своеобразное усреднение условий существования всех находящихся в ней растительных (и не только растительных) организмов, что отнюдь не исключает особенностей каждого из них.

Исследователь получает тем самым стандартный географический эталон, помогающий решать биогеографические задачи. Таково существенное, но не единственное значение системы хорионов. Эффективность системы как образца для изучения географического распространения растений прямо зависит от полноты таксономического (классификационного) материала, заложенного в ее основу. Максимальный результат может быть достигнут при синтезе данных о распространении всех современных растений. К сожалению, пока это нереально по простой причине: ареалы даже цветковых растений изучены далеко не полностью.

Но и при современном уровне наших знаний система фитохорионов — верный помощник при изучении всех групп растительного мира.

Фитохориономия служит серьезной основой научной охраны мировой флоры. На нее опирается вся стратегия приумножения ее генофонда. В учение о фитохорионах А. Л. Тахтаджян вносит принципиально новое содержание, и в этом его несомненная заслуга.

Сохранение заповедных территорий

В мире сейчас насчитывается примерно 2000 национальных парков, заповедников и других особо охраняемых природных территорий общей площадью около 3 млн. кв. км. Предполагается, что эти территории обеспечивают сохранение типичных для географического региона природных комплексов и свойственного им генофонда организмов. Изучая естественную динамику таких природных комплексов, выясняя причины, ведущие к их изменению, можно эффективнее использовать природные ресурсы окружающих территорий.

Однако во многих регионах нашей планеты девственной природы или не осталось или она сохранилась в виде небольших островков среди преобразованных человеком земель. Поэтому, соответственно сложившимся условиям, зачастую создаются так называемые микрозаповедники по 0,5 га и даже меньше. Иногда заповедниками объявляются участки, занятые посаженными лесами, сеянными лугами, другими сообществами культурного происхождения. Они, несомненно, служат сохранению многих элементов генофонда (например, насекомых, почвенных беспозвоночных и др.), но не обладают способностью к саморегулированию, самовосстановлению, т. е. экологической автономностью, и могут существовать только в режиме, обеспечиваемом человеком.

В Советском Союзе имеется 143 заповедника и национальных парка. К концу пятилетия планируется образовать новые заповедники (5,5 млн. га), и тогда общая площадь охраняемых территорий составит 18 млн. га.

Заповедники нашей страны включают природные участки разных размеров, находящиеся в неодинаковых экологических условиях. Среди них — более 20% крупных заповедников с площадью от 100 тыс. до 1,5 млн. га; они содержат малонарушенные естественные природные комплексы и находятся в экологически родственном окружении. Таковы, например, «Таймырский», «Остров Врангеля», «Кроноцкий», «Алтайский» и др. Вместе с тем около 20% других заповедников занимают участки всего от 100 га до 2 тыс. га; естественное состояние их природных комплексов серьезно нарушено, нередко они окружены к тому же экологически чуждыми, преобразованными территориями («Мыс Мартьян» на Украине, «Колхидский», «Сатаплийский» в Грузии, «Асудчайский» в Азербайджане и некоторые другие). В остальных заповедниках встречаются и хорошо, и плохо сохранившиеся природные сообщества, окружающие их территории в экологическом отношении также различны.

Такая неоднородность приводит к выводу, что в современных условиях для стабильного существования типичных зон природных со

границ, пусть самой тщательной, недостаточно, и необходимы специальные меры.

Если игнорируют происходящие в заповедниках изменения, вызываемые антропогенными факторами, то в ряде случаев это приводит к серьезным последствиям. В заповедники проникают синантропные (сопровождающие человека) виды фауны и флоры, образуются ненормально высокие скопления копытных и хищных животных, изменяется гидрологический режим, появляются другие нарушения. В результате рано или поздно требуется активное вмешательство, чтобы сохранить, отрегулировать, восстановить благоприятные природные связи и отношения.

Какие меры здесь наиболее эффективны?

На Третьем Всесоюзном совещании по заповедному делу в СССР, проходившем в Москве в декабре 1981 г., был обобщен организационный и научный опыт, накопленный в этой области специалистами различного профиля.

Совещание положило начало широкой межведомственной координации в проведении подобных работ. Такая координация давно назрела: 28 ведомств имеют заповедники, в том числе Министерство сельского хозяйства СССР, министерства лесного хозяйства и главные управления охотничьего хозяйства союзных республик, министерства высшего и среднего специального образования, АН СССР.

Не менее важно усовершенствовать охрану заповедных территорий. Малоэффективная кордонно-обходная система изжила себя. Опыт показывает, что настало время заменить ее на патрульно-маршрутную.

Что касается научных исследований, то здесь особенно важен дифференцированный подход к вопросам сохранения природы в зависимости от ее состояния. Почти в каждом из заповедников нашей страны имеются в разных количествах природные сообщества, типичные для соответствующей ландшафтной зоны, находящиеся в относительно ненарушенном естественном состоянии и способные к саморегулированию. Это ядро заповедника, определяющее его сущность и основную ценность. Такое ядро нужно брать на особый учет, держать под постоянным строгим контролем, надежно защищать от прямого и косвенного воздействия антропогенных факторов; здесь недопустимо никакое вмешательство в состояние природы. Остальная территория заповедника, окружающая такие участки, выполняет буферные функции, поглощая любые нарушения природного равновесия; здесь при необходимости могут осуществляться меры, защищающие то или иное сообщество или способствующие восстановлению среды. Основные же мероприятия по регулированию состояния природных комплексов (лесопосадки, подкормка животных, частичный их отстрел и отлов и пр.) выполняются в охранной зоне, окружающей всю территорию заповедника. В ней располагаются также центры природоохранительного просвещения, музеи, экспериментальные участки. Исследования, проводимые в заповедниках, подчинены главной задаче — обеспечить контроль за состоянием и ходом природных процессов, разрабатывать меры по сохранению и восстановлению естественного состояния.

Опыт, накопленный советскими заповедниками за 60-летний период их деятельности, вызывает значительный интерес во многих странах мира. Не случайно в основу критериев отбора и методов организации глобальной системы биосферных заповедников положены принципы советского заповедного дела, а I Международный конгресс по биосферным заповедникам будет проводиться ЮНЕСКО в 1983 г. в Советском Союзе.

Лазеры в хирургии

Для успешной операции необходимы в конечном счете три условия: асептика, атравматичность, минимальная потеря крови больным.

Каждая эпоха предлагает здесь свои способы — механические, электрические, тепловые. Стараясь использовать достижения современной науки, хирурги для совершенствования технического арсенала обратились теперь к лазеру. Их привлекла характерная особенность лазерного луча — направленная концентрация энергии в одной точке, обеспечивающая быстрое и эффективное рассечение тканей.

В результате экспериментальных и клинических исследований инженеры совместно с врачами создали набор лазерных хирургических инструментов и сшивающих аппаратов, а также установку «Скальпель-1» — первый отечественный лазерный скальпель. Установка внедрена в серийное производство в 1975 г.

Рассекая ткань, лазерный луч на определенное время прекращает кровообращение в зоне своего действия. Бескровность операции благоприятна для больного и облегчает работу хирурга. Кроме того, луч создает наилучшие асептические условия в месте разреза. Сшивая ткани, лазерный аппарат обеспечивает надежность шва без применения шелковых или кетгутовых нитей. Для точности операции невидимый лазерный луч благодаря специальным устройствам сделан зримым.

По сравнению с зарубежными аналогами установка «Скальпель-1» имеет меньшие размеры, может действовать сразу же после включения в электрическую сеть, потребляет меньше энергии, проще в управлении и обслуживании, снабжена системой дымоотсоса для удаления аэрозольных и газообразных продуктов взаимодействия лазерного луча с живой тканью. Соответствующий лазерный инструментарий обладает рядом достоинств и имеет мировой приоритет.

Лазерные эффекты были исследованы в лабораторных условиях, созданное оборудование и инструментарий прошли клиническую проверку. На этой основе был разработан и внедрен в практику целый ряд высокоэффективных методов хирургического лечения при заболеваниях пищевода, желудка, кишечника, желчных путей, поджелудочной железы. В желудочно-кишечной хирургии новые методы уменьшают количество летальных исходов в 3,3, а количество осложнений — в 2,2 раза.

Удачно лазерный скальпель действует и при пластических операциях. Здесь положительные результаты получены почти в 100% случаев хирургического вмешательства.

Сложные проблемы решает современная гнойная хирургия. Большинство известных антибиотиков и антибактериальных препаратов потеряли былую эффективность, и борьба с устойчивой к ним инфекцией приобретает особую остроту. Уникальные свойства лазерного излучения и здесь играют положительную роль. Лазерный луч мгновенно стерилизует гнойную рану, отчего сроки лечения сокращаются в 1,5—2 раза. При этом не расходуются дорогостоящие лекарственные средства и перевязочный материал.

Таким образом, луч лазера повсеместно становится естественным орудием врача. Развивается целое направление в медицине — лазерная хирургия.

Успехам лазерной хирургии в СССР во многом способствовали работы группы энтузиастов-медиков и инженеров под руководством доктора медицинских наук С. К. Скобелкина. Их труд удостоен Государственной премии 1981 года.

Внутриклеточные компенсации и регенерации

Члену-корреспонденту АМН СССР Д. С. Саркисову, докторам биологических наук Б. В. Втюрину и А. А. Пальцину (Институт хирургии имени А. В. Вишневского АМН СССР) за цикл работ «Ультраструктурные основы компенсаторно-приспособительных процессов» присуждена Государственная премия СССР 1981 года.

До появления электронной микроскопии одна из главных проблем медицины — проблема приспособления организма к окружающей среде и компенсации функций, нарушенных в

связи с болезнью, разрабатывалась преимущественно в плане функциональных (физиологических) исследований. Объясняется это тем, что светооптическая микроскопия позволяла тогда сопоставлять функциональные изменения с морфологическими лишь на уровне тканей, в то время как структурные изменения внутри клеток оставались вне поля зрения морфолога. О степени повреждения клетки судили по изменению ее размера, формы, появлению в цитоплазме избыточного количества некоторых веществ (липидов, углеводов) или таких, которые в норме не встречаются, и т. д.

Если значительно выраженные дистрофические изменения могли рассматриваться в качестве морфологической основы функциональных нарушений, то приспособительные колебания функциональной активности клеток в процессе нормальной жизнедеятельности, сопровождающиеся тончайшими изменениями внутриклеточной архитектуры, регистрировать с помощью существующих морфологических методов вообще было невозможно.

В результате возникла до сих пор еще распространенная точка зрения о возможности чисто функциональных изменений, не сопровождающихся морфологическими, о бо́льшей лабильности функций, чем структуры.

Электронная микроскопия позволила рассмотреть в массе протоплазмы и ядра сложнейшую систему органелл (функциональных ультраструктур), ответственных за формирование специфической функции клеток и их мембран того или иного органа. Это сделало перспективным изучение структурной основы не только грубых нарушений функций организма, но и сравнительно незначительных колебаний процессов нормальной жизнедеятельности в ходе приспособительных реакций к факторам окружающей среды.

Используя новые возможности структурно-функционального анализа, Д. С. Саркисов с товарищами изучили тончайшие внутриклеточные изменения различных органов (печени, миокарда, нервной системы, соединительной ткани) при изменении интенсивности их жизнедеятельности (различная степень функциональной нагрузки), а также при ряде патологических процессов. Результатам исследований посвящена первая в мировой литературе монография по этой проблеме — «Электронная микроскопия деструктивных и регенераторных внутриклеточных процессов».

Руководствуясь разработанной ими и теперь уже широко принятой концепцией о внутриклеточной регенерации, авторы пришли к фундаментальному теоретическому положению: как в органе сообразно изменениям условий его работы непрерывно меняется число активно функционирующих клеток, так и внутри каждой клетки (в зависимости от предъявляемых к ней требований) непрерывно меняется число активно функционирующих ядерных и цитоплазматических ультраструктур. При особенно больших функциональных нагрузках или в случае повреждения клетки могут возникать и новообразования. Таким образом, впервые был сформулирован универсальный, т. е. общий для всех без исключения органов, принцип материального обеспечения компенсаторно-приспособительных процессов.

В связи с этим следует отметить, что в исследованиях Д. С. Саркисова, Б. В. Втюрина и А. А. Пальцина конкретная разработка одного из основных принципов единства структуры и функции была поднята на новый уровень, а сам принцип получил современное убедительное подтверждение.

С помощью метода электронно-микроскопической радиоавтографии впервые было установлено, что клетки обладают несравненно бо́льшей способностью компенсировать нарушенные функции, чем это было принято считать. Теперь становится яснее механизм компенсации нарушенных функций в таких жизненно важных органах, как центральная нервная система и сердечная мышца. Еще совсем недавно принято было считать, что сердечная мышца и нервная ткань полностью лишены способности возрождения своих рабочих структур после повреждения.

Стройная теория внутриклеточной компенсации и регенерации, созданная авторами, вооружает клиницистов ясным пониманием той основы, на которой возникает любой патологический процесс и развертывается то противодействие ему, которое обеспечивает выздоровление.

Обогащение пустынных пастбищ

Государственная премия СССР 1981 года присуждена группе специалистов, возглавляемой академиком АН ТуркмССР Н. Т. Нечаевой, за разработку научных основ и технологии обогащения пустынных пастбищ, широкое внедрение их в практику каракулеводства Средней Азии.

Повышение продуктивности естественных пастбищ в пустынях и полупустынях нашей страны — определяющее условие развития каракулеводства. Зона пустынь дает значительную долю баранины, шерсти, овчины и 100% каракульских смушек. Предоставляя животным разнообразные корма, из которых складывается высокопитательный, специфический рацион, и имея длительный, а в южных районах круглогодичный выпасной период, пастбища пустынь позволяют получать каракуль самого высокого качества. Вместе с тем из-за крайне суровых климатических условий урожай растительности на таких пастбищах низок и равен в среднем 1,5—3 ц/га (сухой вес).

Запасы и питательность кормов здесь в течение года значительно меняются: количество корма от лета к зиме уменьшается в 2—2,5 раза, содержание сырого протеина и белка от весны к зиме снижается в 3—4 раза. Урожай кормов на пастбищах может возрастать вдвое в благоприятные и снижаться в 3—5 раз в неблагоприятные годы по отношению к среднему годовому значению. Чрезмерная эксплуатация пастбищ, прилегающих к населенным пунктам, оазисам, водопоям, приводит к значительному уничтожению кустарников и полукустарников и нередко к полной деградации выпасов.

Изучая растительность засушливых зон, Н. Т. Нечаева глубоко осознала, что нельзя только эксплуатировать природные пастбища, не заботясь об их состоянии, охране и улучшении. Но попытки улучшения природных пастбищ, неоднократно предпринимавшиеся еще в 30—40-х гг. в аридной зоне Средней Азии, были неудачными, так как велись без достаточных теоретических основ. В то время не было всесторонней оценки экологии пустынь и пустынных растений. Оставались также неизученными взаимоотношения в растительных сообществах, не было известно, в какой степени распашка устраняет конкуренцию трав, улучшает водный режим и какие приемы обработки почвы исключают ветровую эрозию.

С 1933 г. жизнь и научная деятельность Н. Т. Нечаевой неразрывно связаны с изучением пустынных пастбищ Туркменской ССР. Возглавив в 1936 г. отдел кормодобывания Туркменской опытной станции по животноводству, она вместе с сотрудниками подробно охарактеризовала 400 видов пустынных пастбищных растений — их распространение, экологию, биологию и кормовые достоинства. Эта работа отражена ею в книге «Кормовые растения равнинной Туркмении» (1940 г.).

СТО ЛЕТ НАЗАД

США. В Америке сооружен небывалый еще вагон для перевозки рыбы. Этот вагон, огромных размеров, заключает в себе садки в виде скамеек. В вагоне может поместиться до миллиона молодых рыб. В виду того, что колебание воды от движения может учинить вред этой живой и нежной клади, ее опускают в садки сотнями в небольших коробках. Особая прислуга обязана постоянно осматривать эти коробки и освобождать их от успевших р...

«Техник»

Н. Т. Нечаева организует затем широкие исследования по определению потенциальной урожайности пустынь Туркмении, уточняет емкость пастбищной территории республики, ставит многолетние опыты по питательной ценности растений в различные сезоны. Результаты проведенных исследований вошли в монографию «Пастбища Каракумов и их использование» (1943 г.).

Накапливались и углублялись научные сведения о жизни пустынь, появились ученики и последователи. Значительный интерес к замыслам Н. Т. Нечаевой стали проявлять соответствующие институты Среднеазиатских республик, а также колхозы и совхозы.

В результате многолетних исследований, проведенных Институтом пустынь Академии наук Туркменской ССР, Всесоюзным научно-исследовательским институтом каракулеводства Министерства сельского хозяйства СССР, Институтом ботаники Академии наук УзССР, были разработаны научные основы и технология улучшения пустынных пастбищ Средней Азии*.

Теоретическая предпосылка обогащения пастбищ — положение о флористической (по видам) и фитоценотической (по структуре) неполноценности их растительных сообществ. Экологическая оценка природной среды различных типов пустынь позволила найти неиспользуемые растениями резервы влаги, тепла и питательных веществ. Были выявлены фитомелиоранты (растения-обогатители) среди аборигенных кормовых растений — черный и белый саксаул, чогон, черкез, изень, кейреук, терескен, полынь и др., хорошо приспособившиеся к экстремальной среде пустынь. Испытано 259 видов, из которых наиболее перспективными оказались 11 видов деревьев и кустарников, 10 — полукустарников, 8 видов многолетников и столько же однолетников. Была произведена всесторонняя оценка пастбищ, нуждавшихся в улучшении.

Учитывая конкурентные отношения природных и высеваемых растений, надо было создать условия для их совместного произрастания. При посеве смеси растений стали формировать агроценозы из кустарников, полукустарников и трав, надземные части которых расположены на разном уровне, а кормовые системы на различной (до 16—20 м) глубине. Это позволило полностью освоить имеющиеся ресурсы света, влаги и минеральных веществ, добиться большой биомассы. При хорошем развитии подземные органы сдерживают пески от перевевания ветром, а надземные части дают много кормов.

Такие искусственные пастбища используются уже с двух-трех лет (редко с пяти), они долговечны, а по сравнению с природными пастбищами урожайнее в 2—5 раз. Они отличаются, кроме того, засухоустойчивостью и пригодны для любого сезона года. Урожай в зависимости от высеваемых видов или их смесей и экологических условий составляет 10—55 ц/га в сухом весе.

Разработанный метод повышения продуктивности кормовых угодий пустынь весьма эффективен. Срок окупаемости капиталовложений на создание искусственных пастбищ не превышает 4—5 лет. Пастбища длительный срок сохраняют высокую урожайность: угодья из скороспелых видов — до 10 лет, а из растений с более длительным жизненным циклом — 20—35 лет.

К 1979 г. в Туркменистане и Узбекистане улучшено 3 млн. га пастбищ, а на одиннадцатую пятилетку запланировано обогащение более 5 млн. га выпасов. Разработанные под руководством Н. Т. Нечаевой методы пригодны для всей Средней Азии, Казахстана, засушливых районов РСФСР (Калмыцкой АССР, Дагестанской АССР, Астраханской и Ростовской областей) и других сходных мест.

Ученые-плодоводы Сибири — народному хозяйству

Государственной премии СССР 1981 года удостоена группа ученых и производственников Научно-исследовательского института садоводства Сибири имени М. А. Лисавенко (руководитель работы — академик ВАСХНИЛ И. П. Калинина) за работу по введению облепихи в культуру.

Облепиха, как известно, очень ценное растение, привлекающее внимание различных исследователей — ботаников, генетиков, плодоводов, фармацевтов, врачей и т. д. В нашей стране распространен один вид — облепиха крушиновая (Hippophae rhamnoides L.). Это небольшие деревья или кустарники высотой 2—6 м (реже 10—15 м) с многочисленными ветками и колючками длиной 2—8 мм. Листья простые, линейно-ланцетовидные, серовато-зеленые, снизу слегка желтоватые или буровато-серые. Растение двудомное, ветроопыляемое. Плоды сравнительно мелкие, преимущественно овальные, ко времени созревания — сочные оранжевые костянки, густо облепляющие концы ветвей (отсюда и название). Дикие заросли облепихи распространены в Средней Азии, Западной и Восточной Сибири, на Кавказе, в южных районах европейской части СССР.

Облепиха сравнительно недавно была введена в сортимент плодовых культур. Вниманию исследователей облепиха привлекла ценными качествами ягод и универсальным их использованием.

Плоды облепихи богаты биологически активными веществами, например, витаминами, различными кислотами, сахарами, дубильными веществами. Высоко ценится облепиховое масло, находящее широкое применение в медицине как лечебное и профилактическое средство. Ягоды облепихи употребляют также в свежем и консервированном виде. Из них готовят натуральный сок, джемы, варенье, компоты.

Для введения этого растения в культуру потребовалось много лет напряженного кропотливого труда ученых-плодоводов Сибири.

Впервые в 1934 г. начал проводить целенаправленную работу с облепихой на Алтайской опытной станции садоводства академик ВАСХНИЛ М. А. Лисавенко, имя которого носит Научно-исследовательский институт садоводства Сибири. Экспедиции по Алтаю, Средней Азии, Восточной Сибири, Монголии послужили сбору ценного исходного материала женских и мужских экземпляров облепихи, созданию богатейшего генофонда ее различных эколого-географических групп. Началась кропотливая работа по селекции, гибридизации и отбору лучших форм облепихи с необходимыми хозяйственно-биологическими признаками и свойствами.

Селекционерам Сибири надо было создать зимостойкие сорта, хорошо приспособленные к климатическим условиям, вывести невысокие растения с компактной кроной, лишенные колючек, с обильным урожаем, крупными ягодами весом не менее 0,6 г, длинной, легко отрывающейся плодоножкой, с содержанием в плодах не менее 7% масла, 6 мг% каротина, 100 мг% витамина С.

Для использования облепихи в свежем и консервированном виде требовались сорта с повышенным содержанием сахара, пониженной кислотностью, крупными нарядными, оранжево-красными плодами.

Облепиха как культура требовала не только закладки промышленных насаждений, но и выведений сортов разных сроков созревания, что позволило бы удлинить время сбора урожая и тем самым уменьшить потери и сохранить высокое качество плодов.

Многолетняя плодотворная работа ученых Сибири дала положительные результаты. На Алтае впервые в мире были созданы такие сорта, как Новость Алтая, Витаминная, Масличная, Дар Катуни, Золотой початок, отличающиеся высокой урожайностью, богатым биохимическим составом, крупной ягодой. Растения в основном были получены без колючек. Они прошли государственное сортоиспытание, районированы и широко внедряются в Сибири и за ее пределами.

В последние годы выведены и пере-

---

* См. статью Н. Т. Нечаевой «Обогащение пустынных пастбищ» в [illegible] «Наука и человечество».

даны на государственное сортоиспытание новые сорта — Чуйская, Оранжевая, Обильная, Великан, Золотистая, Превосходная, Самородок, Янтарная, Сибирская, Обская с более высокими показателями урожайности, биохимического состава, крупными ягодами, длинной (до 1 см) плодоножкой, что значительно облегчает отрыв ягоды при сборе урожая.

Одновременно с селекцией сотрудники Научно-исследовательского института садоводства Сибири изучали размножение сортов и селекционных форм облепихи, агротехнические приемы ее возделывания в промышленных насаждениях.

Многолетний опыт коллективов института, опытно-производственных хозяйств «Барнаульское», «Горноалтайское» и Новосибирской зональной плодово-ягодной опытной станции имени И. В. Мичурина позволил разработать технологию размножения облепихи как зелеными, так и одревесневшими черенками. Эта технология предусматривает выращивание и использование черенковых маточников, укоренение зеленых черенков в крупных пленочных теплицах, оборудованных установками автоматически регулируемого искусственного тумана, зимнее хранение укорененных черенков и доращивание их в поле питомника. Была также разработана технология возделывания облепихи в промышленных насаждениях.

Используя эту технологию, институт за период 1956—1975 гг. вырастил и передал в производство 764 тыс. саженцев облепихи, а за годы десятой пятилетки — 2,5 млн. саженцев, что в 5,8 раза больше предыдущей пятилетки. В одном 1981 г. выращено, например, 800 тыс. саженцев, в том числе 314,8 тыс. новейших сортов и элитных форм. Спрос на посадочный материал селекционных форм и сортов, выведенных учеными Алтая, с каждым годом возрастает.

Внедрение технологии возделывания облепихи в промышленных насаждениях значительно повысило ее урожайность. Хозяйство «Барнаульское» ежегодно получает ягод 80—100 ц/га, а на отдельных участках — 127—140 ц/га. Даже в неблагоприятный по погодным условиям 1981 год здесь было собрано облепихи 129 ц/га.

В настоящее время в 450 хозяйствах страны, занимающихся возделыванием облепихи, имеется около 3 тыс. га ее сортовых насаждений. Свыше 500 га занято под облепихой в приусадебных и коллективных садах.

Ученые научно-исследовательского института садоводства Сибири продолжают работать над дальнейшим совершенствованием сортимента облепихи и технологии ее возделывания. Теперь важно получить сорта, пригодные для механизированной уборки.

Почвы Сибири и Казахстана в системе земледелия

Постановлением Президиума Академии наук СССР золотая медаль В. В. Докучаева 1981 года присуждена профессору, доктору сельскохозяйственных наук Н. В. Орловскому за книгу «Исследования почв Сибири и Казахстана».

Содержание книги свидетельствует о широте научных интересов автора, способного решать различные вопросы почвоведения, важные для народного хозяйства. С одинаковой глубиной он подходит к проблемам агропочвоведения, агрохимии, генезиса и географии почв, мелиорации и земледелия. Им разработаны теоретические основы изучения почв, типирования систем земледелия.

Почвенные ресурсы исследованных Н. В. Орловским обширных территорий ныне широко вовлекаются в сельскохозяйственную эксплуатацию. В связи с этим рациональное использование и сохранение их плодородия стало актуальнейшей государственной задачей. Им впервые опубликован систематический список почв южной части Средней Сибири со схемами строения основных типов почвенных горизонтов. Для горных районов Средней и Восточной Сибири выявлен целый спектр новых почвообразований, что опровергает тезис В. Р. Вильямса об обязательном подзолообразовании под лесом.

Н. В. Орловский проанализировал влияние длительной сезонной и многолетней мерзлоты на процессы почвообразования, взаимовлияние почв и лесной растительности Сибири. На основе балансовых расчетов динамики гумуса, азота и фосфора в почвах им создана так называемая зонально-провинциальная система земледелия с определенными звеньями севооборота. Автор установил неприемлемость ежегодной распашки почв и дал научное обоснование безотвального метода обработки полей. В последние годы этот метод широко применяется на полях Сибири и Казахстана*.

Н. В. Орловский дал широкую картину эволюции почв; установил четыре периода их жизни: аккумулятивный, консервации, мобилизации, старопашки, имеющие практическое значение для планирования и освоения целинных и залежных земель. Новую трактовку получило формирование засоленных почв — оно рассматривается автором как процесс биологической трансформации солонцов. Сюда же относится принципиально новый подход к остепнению солонцов, разработка приемов «землевания» солонцовых пятен черноземом.

Важны также результаты изучения токсичности в засоленных почвах обменного натрия, магния и водорода. Автор ввел новое понятие порога токсичности, которое постоянно используется в теории и практике солонцеведения. Создана методика применения органических и минеральных удобрений на таких почвах. Здесь эффективны приемы химической мелиорации, быстро выравнивающей вредную пестроту почв черноземно-солонцового комплекса.

Специальную разработку получил вопрос о подборе культур для возделывания их на засоленных почвах, в первую очередь — многолетних трав. Выделенные при этом три группы культур (слабо-, средне- и сильносолеустойчивые) вошли в учебники почвоведения и агрохимии. Автор установил биологическое происхождение соды в почвах Барабинской степи — сода накапливается сульфатредуцирующими бактериями.

Исследования Н. В. Орловского, проведенные в Западном Казахстане — на Уральской опытной станции, помогают разработке системы земледелия в засушливых районах с использованием раннего пара, возделывания многолетних трав, с посевом и зерновых культур. После классических исследований П. А. Костычева были вновь, но на более современном уровне подтверждены принципы управления с помощью агротехники почвенными процессами и плодородием почвы.

Особого упоминания заслуживают наблюдения Н. В. Орловского по круглогодичной динамике уровней верховодки (заболачивания) в Барабинской степи и развитию барабинских почвенных комплексов. Полученные автором сведения были широко использованы проектирующими и строительными организациями, в обязанности которых входит сооружение оросительных систем. Не менее важное и принципиальное значение имело установление им зимнего максимума накопления солей в почвах, вызванного явлениями намерзания. Мелиораторам понадобилась коренная перестройка всей системы культуртехнических и гидротехнических мероприятий по превращению в сельскохозяйственные угодья заболоченных и засоленных земель в сезонно-мерзлотных районах Сибири и Казахстана.

Автор организовал в свое время первые стационарные работы по бонитировке лесных почв и маршрутные исследования горных районов Прибайкалья, Приангарья, Енисейского кряжа, Западного и Восточного Саяна и Минусинских ленточных боров. В книге дается краткое описание методики проведения подобных работ с учетом значимости тех или иных лесообразующих пород Сибири.

* См. статью А. И. Бараева «Новая почвозащитная система земледелия» в ежегоднике «Наука и человечество. 1971—1972». — *Ред.*

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Золотая медаль им. В. И. Вернадского

Президиум Академии наук СССР присудил Золотую медаль им. В. И. Вернадского 1981 года вице-президенту АН СССР академику А. В. Сидоренко за работы в области геохимии и биогеохимии.

А. В. Сидоренко внес крупный вклад в развитие представлений В. И. Вернадского о роли органического вещества в геологических процессах на Земле. Трудами А. В. Сидоренко и его школы доказана широкая распространенность биогенного органического вещества в древнейших осадочно-метаморфических породах Земли, обосновано исключительное значение органического вещества в процессах осадконакопления и выветривания в докембрии.

Свыше 35 лет А. В. Сидоренко разрабатывал различные вопросы геохимии и биогеохимии: минералогия и геохимия зоны пустынь, формирсвание древних и современных кор выветривания, образование биогенного углерода в архее и протерозое, геокосмохимические процессы в зоне гипергенеза и др.

Но мировую известность А. В. Сидоренко и его ученикам принесли исследования в области геохимии и литологии осадочно-метаморфических толщ раннего докембрия. Важность изучения раннего докембрия была осознана под влиянием идей и работ А. В. Сидоренко. Это направление в последние годы получило наименование «литологии и осадочной геологии докембрия». Оно стало одним из ведущих в современной геологии, поскольку докембрийские комплексы континентов занимают обширные площади, а время их формирования охватывает преобладающий отрезок геологической истории Земли.

Первичные осадочные отложения докембрия слагают основную часть кристаллического основания древних щитов, а следовательно, и континентального сегмента земной коры. Они — источник и вместилище огромного количества руд, потребляемых человечеством.

В последние годы исследованиями А. В. Сидоренко и его школы в области литологии и осадочной геологии докембрия получены принципиально новые данные, указывающие на единство геологических процессов в течение всей обозримой истории Земли и создающие предпосылки для изучения эволюции осадконакопления, метаморфизма и рудообразования начиная с древнейших этапов формирования земной коры.

А. В. Сидоренко разработал методы выделения формаций углеродсодержащих пород докембрия, обосновал источники нефтегазоносности осадочно-метаморфических толщ докембрия и их металлоносность.

Стала ясной необходимость в создании научных основ прогнозирования металлогенеза в докембрийских регионах. Для решения этой задачи потребовался особый комплекс исследований, сосредоточенных в трех направлениях: общая теория литогенеза и метаморфизма докембрийских отложений, теория осадочного и осадочно-метаморфогенного рудообразования в докембрии и усовершенствование геофизических методов изучения докембрия.

Подтверждением важности работ А. В. Сидоренко и его учеников по раннему докембрию стало принятие международного проекта «Металлогения докембрия». Этот проект — часть «Международной программы геологической корреляции» — возглавлялся самим ученым до самой его кончины в марте 1982 г.

Труды академика А. В. Сидоренко имеют большое общенаучное значение для понимания эволюции геологических процессов на Земле. Им, в частности, показано, что геологические явления на поверхности Земли уже в раннем докембрии протекали принципиально так же, как и в более поздние геологические эпохи.

Продолжая выдающиеся исследования по биосфере академика В. И. Вернадского, А. В. Сидоренко развивал идеи о литосфере как части окружающей человека среды. Естественно историческое и социально-философское понимание учения о биосфере, которое развивал А. В. Сидоренко, имеет большое значение не только в фундаментальных исследованиях в области естественных наук и, в частности, в геологии, но и в практике, в деле приумножения минерально-сырьевого потенциала, а также в деле охраны природы и рационального природопользования.

Водный баланс Земли

В отличие от других природных ресурсов запасы воды постоянно возобновляются в процессе ее круговорота в природе. Поэтому еще сравнительно недавно водные ресурсы Земли представлялись неограниченными. Но за последние 30—40 лет взгляд на них коренным образом изменился. Интенсивное развитие промышленности и сельского хозяйства, рост населения, освоение новых территорий и связанное с этими процессами резкое увеличение потребления воды оказывают существенное влияние на гидрологический режим и состояние водных ресурсов. Во многих районах Земли уже в настоящее время ощущается дефицит пресной воды. Из неограниченного дара природы вода превратилась в важный фактор экономического и социального развития. Проблема обеспечения населения водой приобрела глобальный характер, стала в центре внимания мировой научной общественности.

В 1965 г. ЮНЕСКО было учреждено так называемое Международное гидрологическое десятилетие, или МГД (1965—1974 гг.) — мероприятие, в котором приняло участие 108 стран, многие международные правительственные и неправительственные организации. В период МГД по поручению Национального комитета СССР по МГД Государственным гидрологическим институтом совместно с Главной геофизической обсерваторией, Арктическим и Антарктическим научно-исследовательским институтом и Институтом водных проблем АН СССР были выполнены крупные научные исследования по водному балансу, водным ресурсам и влагообороту земного шара, обобщенные в монографии «Мировой водный баланс и водные ресурсы Земли» с Атласом карт, опубликованной на русском языке в 1974 г. (в 1978 г. ЮНЕСКО был опубликован ее перевод на английский язык, а в 1980 г. Национальный комитет по МГД Испании издал монографию на испанском языке). Основные авторы и составители монографии стали лауреатами Государственной премии СССР в области науки за 1981 г.

В монографии рассмотрен широкий круг вопросов: гидрография земной поверхности, оценка общих запасов воды на Земле, процессы их естественного расходования и возобновления, закономерности круговорота воды в системе «океан — атмосфера — суша — океан», расчет влагооборота в пределах континентов и океанов, водный баланс речных бассейнов, континентов, Мирового океана и земного шара в целом. Приводятся обширные сведения о динамике современного и перспективного использования водных ресурсов в мире, путях устранения дефицита воды в различных районах.

В Атласе мирового водного баланса, состоящем из 65 карт, представлено распределение осадков, испарения и речного стока. При составлении Атласа использована обширная гидрометеорологическая информация, основанная на данных более чем 50 000 метеорологических и 18 000 гидрологических станций мира.

Монография дает наглядное представление о современном и будущем состоянии водных ресурсов планеты. Согласно полученным данным, в со-

временную эпоху общие запасы воды на Земле составляют 1386 млн. км³. Из них на долю пресных вод приходится только 35 млн. км³ (около 2,5%), причем 70% из них — это трудно доступные для использования воды ледниковых покровов в Антарктиде и Арктике. Около 30% пресных вод залегает в поверхностных слоях земной коры. В озерах содержится 0,25% общих запасов пресных вод, а единовременный объем воды в речных руслах — всего лишь 0,006%. В течение года речные воды возобновляются в среднем 21 раз, т. е. через каждые 17 дней. Подавляющая же часть запасов воды на Земле относится к категории «вековых», медленно возобновляемых вод. Их использование невозможно без нарушения сложившегося в природе равновесия.

Наиболее важное значение для существования и практической деятельности человека имеют ежегодно возобновляемые воды, оцениваемые величиной 44,5 тыс. км³ в год(без ледникового стока Антарктиды и Гренландии). Это соответствует количеству воды, которое ежегодно несут все реки мира в Мировой океан и внутренние бессточные водоемы.

В настоящее время во всем мире потребляется на хозяйственные нужды около 3000 км³ воды в год, т. е. 7% от суммарного речного стока Земли (в начале столетия — всего 400 км³ в год). К 2000 г. потребление воды составит около 6000 км³ в год — 13% возобновляемых ресурсов пресных вод.

Несмотря на то, что запасы пресной воды на Земле достаточны, а ее потребление в сравнении с суммарным стоком рек в общем незначительно, уже в настоящее время во многих странах и районах мира пресной воды нехватает. Причина этого — крайне неравномерное распределение водных ресурсов во времени и по территории Земли и угрожающее загрязнение природных вод. На обжитые, наиболее пригодные для жизни и хозяйственной деятельности человека районы приходится лишь небольшая часть общих водных ресурсов, которая во многих районах используется практически полностью. Поэтому такой важной стала проблема территориального перераспределения водных ресурсов и их охраны от загрязнения.

Все эти вопросы подробно рассмотрены в монографии. Коллективный труд, подготовленный советскими учеными, — выдающийся вклад в развитие гидрологической науки.

Тектоника и магматизм Монголии

Уже много лет в Монголии работает совместная советско-монгольская геологическая экспедиция АН СССР и АН МНР. Одна из главных ее задач — исследование геологии мезозоя и кайнозоя Монголии: стратиграфии, литологии, тектоники, магматизма, петрологии, геохимии и металлогении мезозойских интрузивных и эффузивных комплексов, с которыми связано большинство месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых МНР. Накопленный фактический материал обобщен в монографии «Мезозойская и кайнозойская тектоника и магматизм Монголии» и «Карте мезозойской и кайнозойской тектоники МНР». Их авторам докторам геолого-минералогических наук М. С. Нагибиной, Е. В. Девяткину и В. И. Коваленко Президиум Академии наук СССР присудил премию им. В. А. Обручева.

В монографии наиболее полно и фундаментально рассмотрены мезозойские структуры, представленные уникальными по разнообразию состава и возраста осадочными и магматическими комплексами. Эти комплексы слагают более одной трети площади МНР, занимая ключевую позицию в Центрально-Азиатском складчатом и металлогеническом поясе. Так же широко и разнообразно представлена здесь кайнозойские осадочные и эффузивные образования. Именно на территории МНР сочленяются крупнейшие в Центральной Азии мезокайнозойские структурные, магматические и рудные пояса, что определяет особую важность проведенного анализа мезозойских и кайнозойских структур, магматизма и вулканизма Монголии. Значение такого комплексного обобщения далеко выходит за региональные рамки и представляет первостепенный интерес не только для территории МНР и СССР, но и для разработки общих проблем стратиграфии, геотектоники, геохимии, петрологии и металлогении.

Тщательное изучение осадочных и магматических образований позволило авторам выделить на территории Монголии разнотипные мезозойские и кайнозойские тектонические структуры, которые легли в основу карты. Наиболее подробно она иллюстрирует пространственное размещение мезозойских структур и их соотношение с различными геохимическими типами мезозойских гранитоидов. Кайнозойские структуры и тектоника новейшего этапа представлены более обобщенно — в планах экспедиции предусмотрено издание карты новейшей тектоники МНР и специальной монографии.

В результате исследований были выявлены многие новые районы развития мезозойских и кайнозойских отложений. Их изучение и многочисленные находки фауны и флоры позволили впервые дать детальное стратиграфическое расчленение континентальных образований мезозоя и кайнозоя Монголии. Созданная авторами стратиграфическая схема применима для всей страны и дает возможность сопоставления с одновозрастными образованиями всего Азиатского континента. На основе этой схемы они по-новому представили палеографические и палеотектонические условия мезозойского и кайнозойского осадконакопления и связанного с ним осадочного генезиса.

Другая проблема, подробно рассмотренная авторами, — мезозойский магматизм. Проведенные петрологогеохимические исследования привели к резкому качественному скачку в наших знаниях о магматизме Монголии вообще и мезозойском магматизме в особенности. Углубилось понимание генезиса магматических пород, связей тектоники, магматизма и металлогении на территории МНР и сопредельных регионов.

Установленные пространственные закономерности развития мезозой-

СТО ЛЕТ НАЗАД

ВЕНА. Небезынтересно упомянуть о следующей предосторожности, принятой организационной комиссией международной электрической выставки в Вене. Известно, что при внимательном осмотре динамо-машины карманные часы вследствие действия магнетизма на их внутренние стальные части легко могут остановиться. Ввиду этого комиссия намерена устроить для карманных часов особые футляры из жести, которыми и будут снабжать всех посетителей машинного отделения.

«Электричество»

ПАРИЖ. Электрические сигнальные воздушные шары. Интересные опыты с ними произвел г. Манжин, член академии Воздухоплавания в Париже. Небольшой шар около 100 куб. ф. объемом, наполненный чистым водородом, поднимался на привязи. В шаре помещалась лампа Свана, и когда через нее пропускали ток, то весь шар ярко освещался. Последовательно замыкая и прерывая ток, легко можно было воспроизводить всю азбуку телеграфа Морзе и, следовательно, при значительной дальности горизонта поднятого шара передавать сигналы на большие расстояния.

«Морское обозрение»

ских и кайнозойских структур позволили авторам дать новую основу для прогнозно-металлогенетического районирования Монголии. Инструментом для такого районирования как раз и служит карта мезозойской и кайнозойской тектоники МНР.

Следует особо подчеркнуть, что изучение мезозойского тектоно-магматического комплекса Монголии показало принципиально иную эволюцию мезозойского, особенно позднемезозойского, вулканизма и привело к определению и уточнению возраста, условий залегания, состава осадочных и магматических формаций, к реконструкции геологической и палеовулканической обстановки в период их образования.

Третий крупный раздел монографии и карты посвящен структурам платформенного и кайнозойского этапов развития территории МНР. Анализ кайнозойских формаций и основных новейших структур показал большое разнообразие их генетических и морфологических типов. Достаточно полно представлены особенности развития территории Монголии в течение кайнозоя и особенно в неоген-четвертичное время, четко классифицированы новейшие структуры типа поднятий и прогибов. Эти исследования развивают идеи В. А. Обручева и Н. А. Флоренсова о своеобразии Центрально-Азиатского типа горообразования.

Авторами выявлена определенная пространственная закономерность проявления базальтоидного кайнозойского вулканизма и установлена его геохронологическая последовательность с выделением семи возрастных комплексов. Доказательство миграции во времени очагов базальтоидного магматизма Центральной Монголии существенно важно для анализа глубинного строения земной коры в Центрально-Азиатском регионе, а также для прогнозирования ряда полезных ископаемых, связанных с кайнозойскими эффузивами.

В целом проведенный авторами обзор основных морфогенетических типов кайнозойских структур и базальтового вулканизма имеет не только теоретическое, но и практическое значение и может служить основой для дальнейших обобщений в геоморфологии, истории развития рельефа, неотектонике, сейсмогеологии и гидрогеологии.

На важность изучения мезокайнозойских структур Центральной Азии указывал еще В. А. Обручев. Выход в свет первого обобщенного труда по мезозойской и кайнозойской тектонике Монголии — большое достижение советских и монгольских геологов, исполнивших один из заветов знаменитого исследователя Центральной Азии.

Нефтегазоносность территории стран — членов СЭВ

Выявление и освоение новых месторождений нефти и газа — одна из основных народнохозяйственных задач стран — членов СЭВ.

Необходимость совместных исследований по различным направлениям геологии нефти и газа обусловлена в первую очередь сходством геологического строения нефтегазоперспективных регионов, большая часть из которых однотипна и расположена на территории ряда стран.

Чтобы разработать наиболее эффективную методику геологической разведки нефти и газа, требуется проанализировать весь геолого-геофизический материал, имеющийся в распоряжении национальных геологических служб. Переход к изучению более глубоких толщ, поиски более сложных по строению ловушек, освоение шельфов — все это также требует совместных усилий в разработке новых методов исследований с учетом опыта отдельных социалистических стран и мирового научно-технического прогресса.

В этой связи важное научное и практическое значение имеет вышедшая в 1981 г. монография «Нефтегазоносные бассейны социалистических стран Европы и Республики Куба», подготовленная большим интернациональным коллективом ведущих геологов-нефтяников Болгарии, Венгрии, ГДР, Кубы, Польши, Советского Союза, Чехословакии и Югославии. Монография вносит крупный вклад в решение многих современных проблем геологии нефти и газа. В ней на основе огромного фактического материала, проанализированного впервые с единых методических позиций, отражены современные представления по многим проблемам нефтяной и газовой геологии. С наибольшей полнотой освещены принципы нефтегазогеологического районирования, тектоническое строение фундамента и осадочного чехла, особенности генерации, аккумуляции и консервации углеводородов, формирование и размещение зон нефтегазонакопления, распространение различных типов ловушек нефти и газа. Определены основные направления геологоразведочных работ на ближайшую и дальнюю перспективы.

Нефтегазогеологическое районирование территории социалистических стран Европы и Республики Куба, проведенное в монографии, основано на теории нефтегазоносных бассейнов (НГБ). Основные принципы районирования — структурно-тектонический и онтогенетический, учитывающий универсальность процесса нефтеобразования и связь его с литогенезом и тектогенезом.

На территории европейских социалистических стран выделено 11 нефтегазоносных бассейнов, различающихся степенью сложности геологического строения, возрастом фундамента, мощностью осадков, литолого-стратиграфическими особенностями и т. д. В ряде случаев выделение обусловлено приуроченностью бассейнов к разным геотектоническим областям. Центрально-Европейский и Тюрингский НГБ расположены на платформенных территориях, Карпатский НГБ связан с миогеосинклинальной складчатой областью Западных и Восточных Карпат, Паннонский, Венско-Моравский и Трансильванский — с межгорными впадинами альпийской складчатой области, Предкарпатско-Балканский, Северо-Предкарпатский и Западно-Черноморский охватывают как платформенные, так и складчатые области. В последних существенную роль играют краевые прогибы.

На территории Республики Куба и прилегающей акватории выделяются два НГБ — Северо-Кубинский и Центрально-Кубинский. Еще два бассейна — Западно-Кубинский и Восточно-Кубинский, возможно, нефтегазоносны.

Наибольшая концентрация потенциальных ресурсов углеводородов отмечается в комбинированных бассейнах. При этом места повышенного нефтегазонакопления приурочены к узким зонам вдоль линии надвига миогеосинклинальных образований на прогиб. Наибольшее количество месторождений (45%) концентрируется в пределах предгорных прогибов. В их размещении важную роль играют крупные поперечные разломы и выступы. Скопления углеводородов распределены в разрезе осадочного чехла и по площади бассейнов неравномерно.

Совместные исследования, легшие в основу монографии, — яркий пример плодотворного научно-технического сотрудничества социалистических стран. Они, несомненно, окажут влияние на определение основных направлений поисково-разведочных работ на нефть и газ до 1990 г. и на более длительную перспективу.

История современных биогеоценозов

Чтобы правильно использовать природные ресурсы, необходимо отчетливо представлять общие тенденции развития экосистем, научиться прогнозировать их на длительное время и предвидеть отдаленные последствия различных хозяйственных мероприятий. Для этого нужно знать закономерности исторического развития элементарных структурных единиц биосферы — биогеоценозов.

Истории современных биогеоценозов было посвящено Всесоюзное совещание (второе по счету), созванное в ноябре 1981 г. Научным советом по проблемам биосферы АН СССР и Институтом эволюционной

морфологии и экологии животных им. А. Н. Северцова АН СССР. В представленных на совещании докладах указывалось*, что историю современных биогеоценозов можно проследить, изучая синхронные захоронения почв, растений и животных, связанных при жизни определенными экологическими отношениями. Такие захоронения представлены в нашей стране торфяниками, донными отложениями озер, отложениями речного и озерного аллювия, археологическими памятниками, глубокими сложно устроенными норами млекопитающих и т. д.

Каждое из такого рода захоронений содержит ряд последовательных наслоений, состоящих из компонентов одной экосистемы. В норах это преимущественно кормовые остатки их обитателей и участки почвы, захороненные при сооружении подземных ходов и гнездовых камер. В торфяниках и донных отложениях озер — это остатки растений и животных, некогда входивших в сообщества указанных биотопов и окружающих их территорий, и т. п.

Совещание отметило, что информация, скрытая в перечисленных захоронениях, извлекается далеко не полностью. Как правило, до сих пор исследователи ограничиваются изучением истории какого-либо одного компонента биогеоценоза — чаще всего растительности. В результате из их поля зрения полностью выпали процессы саморазвития биогеоценозов, под которыми следует понимать все изменения структуры и функционирования, обусловленные взаимодействием компонентов этих экосистем. Преодоление отмеченного недостатка признано важной задачей дальнейших исследований. Для ее решения нужно усилить комплексность изучения захоронений.

Большое внимание участники совещания уделили непреднамеренным изменениям природы, связанным с сельскохозяйственным и промышленным производством. К ним, например, относятся изменения пастбищного растительного покрова, вызванные нерегулируемым выпасом домашнего скота и существенно влияющие на все компоненты биогеоценоза.

Выжигание и вырубание древостоев, применявшиеся в прошлом преимущественно для расчистки пашен и лугов, заготовки топлива и производства угля, привело к смене на огромных пространствах коренных древостоев мелколиственными и связанным с этим сильным изменением количества и состава диких животных.

Не менее серьезные последствия имеет и вырубание древостоев в аридной зоне. В предгорьях Западного Тянь-Шаня, например, в средние века для нужд металлургии были почти полностью вырублены фисташка и сопутствующие ей крупные кустарники, и затем полукустарники и полукустарнички. Их истребление вместе с интенсивным пастбищным использованием угодий на огромных пространствах предгорий привело к смене полынных пастбищ, пригодных для круглогодичного выпаса, менее ценными растительными группировками с господством эфемеров и однолетних солянок, а затем осочки и мятлика.

Для экологического прогнозирования и рационального природопользования необходимо знать, как эти и подобные им явления отразились на развитии и структуре биогеоценозов.

Материалы, рассмотренные совещанием, показали, что первые непреднамеренные изменения биогеоценозов, произведенные человеком, появились еще в неолите — после перехода от присваивающего хозяйства к производящему. В то время они имели локальное распространение и не оказывали существенного влияния на состояние биогеоценотического покрова. Только 2—2,5 тыс. лет назад с появлением товарного хозяйства непреднамеренные антропогенные изменения биогеоценозов приобрели столь широкое распространение, что нарушили спонтанное развитие природы. За последние 200—300 лет значение человеческой деятельности как фактора формирования биогеоценотических структур неизмеримо возросло.

Учитывая ступень и продолжительность непреднамеренного антропогенного изменения окружающей среды, большинство экосистем нашей страны правильнее считать не природными, а природно-хозяйственными. Чтобы использовать этот вывод в практике природопользования и охраны природы, нужно отчетливо представлять характер, давность возникновения и историю развития антропогенных особенностей всех основных типов биогеоценозов или хотя бы биогеоценотических формаций. Их широкое и планомерное исследование еще предстоит.

Глобальные изменения климата Земли

Президиум Академии наук СССР присудил премию им. А. П. Виноградова 1981 г. члену-корреспонденту АН СССР М. И. Будыко за монографию «Климат в прошлом и будущем». Она является как бы логическим завершением серии хорошо известных монографий М. И. Будыко — «Климат и жизнь» (1971), «Изменения климата» (1974), «Глобальная экология» (1977). Но именно в последней работе автор впервые формулирует и решает проблему эволюции современного климата в близком и отдаленном будущем, связанной с интенсивным технологическим воздействием человека на биосферу и в первую очередь на атмосферу Земли.

Основополагающая эволюционная концепция, развитая В. И. Вернадским, исходит из того, что современное человеческое общество с его исключительно мощным техногенным давлением становится принципиально новым геологическим фактором в развитии глобальной биогеосферы Земли. Последствия человеческой деятельности могли быть 30—40 лет назад предсказаны лишь в самых общих чертах, ибо уровень знаний в области наук о Земле не позволял в то время создавать и анализировать

СТО ЛЕТ НАЗАД

ГЕРМАНИЯ. Взят патент на применение электричества к распиливанию бревен на доски. Натянутые на рамки платиновые проволоки накаливаются гальваническим током батареи или динамо-машины, а на них надвигается медленным движением бревно и действием этих накаленных неподвижных проволок распадается на доски совершенно так же, как если бы действовали обыкновенные пилы.

«Polytechnische Journal»

ИТАЛИЯ. На предстоящей международной выставке в Ницце будет находиться изобретенная инженером Тозели подводная обсерватория. Это цилиндрической формы в 10 метров вышины и 3 метра в поперечнике аппарат. Он построен из стали и вмещает 55 кубометров воздуха. Этого количества достаточно на несколько часов для находящихся там лиц. Кроме того, внутри аппарата находится машина для добывания кислорода из морской воды. Подводная обсерватория может быть спущена на 100 метров и может выдержать давление 10 атмосфер. Кабель поддерживает сообщение с пароходом, который может в несколько минут вытащить обсерваторию на [illegible] воды. Кроме того, для сообщения с обсерваторию проведен телег[illegible]

---

* Часть материалов этого совещания опубликована в сборнике «Антропогенные факторы в истории развития современных экосистем» (М., Наука, 1981).

конкретные модели развития биосферы в будущем. Сейчас такие модели создаются и быстро совершенствуются. Из их анализа все более отчетливо становится ясным, что именно эволюция климата Земли окажется тем узловым механизмом, от которого будет зависеть структура и зональность географической оболочки, условия обитания растительных и животных организмов и условия жизни самого человека. Пониманию этого факта в немалой степени способствовало интенсивное развитие конструктивных подходов в физической и динамической климатологии, сформулированных и обобщенных в монографии М. И. Будыко.

Полуэмпирическая модель изменения климата, основанная на концепции радиационно-теплового баланса системы земля—атмосфера, была создана М. И. Будыко впервые в конце 60-х годов. В последнее время она получила хорошее подтверждение при сопоставлении с известной циркуляционной моделью Манабе и Везеролда, предсказывающей резкое повышение температуры высоких широт Земли при удвоении концентрации CO_2. Данный феномен, если даже он оправдается лишь частично, может оказаться решающим в перестройке современного климата Земли.

В монографии М. И. Будыко дан глубокий анализ эволюции климатов геологического прошлого и их связь с изменением газового состава атмосферы нашей планеты в фанерозое. Автор показывает, что понижение уровня атмосферного CO_2 примерно на порядок за последние 150 млн. лет (0,3—0,03%) было главным физическим механизмом формирования среднего температурного режима Земли. Как полагает М. И. Будыко, этот процесс в естественном виде должен продолжаться в геологическом будущем, и дальнейшее сокращение CO_2 в атмосфере (вдвое) через интервал времени порядка 10^6 лет приведет к глобальному оледенению Земли.

Однако этот процесс существенно нарушает человек. Попадание в атмосферу продуктов сгорания минерального топлива уже сейчас приводит к быстрому изменению газового состава атмосферы, повышению содержания CO_2 и других «малых примесей». Скорость этого процесса огромна — всего лишь десятки лет. Уже к середине XXI столетия на обширных пространствах СССР, особенно в северных районах и на акваториях сопредельных арктических морей, возникнут, согласно прогнозам автора и его сотрудников, новые гидротермические условия, резко повысятся температуры, существенно возрастут осадки и речной сток, сократится ледовитость. Эту ситуацию, подчеркивает М. И. Будыко, можно рассматривать как уникальный феномен в истории биосферы Земли, т. е. возвращение в значительной мере к условиям, существовавшим до последних оледенений.

В связи с исключительно быстрыми темпами антропогенной эволюции биогеосферы Земли и отдельных ее компонентов для человечества возникает целый ряд проблем, не имевших в прошлом прецедента. Автор рассматривает наиболее важные из них: водные ресурсы, продуктивность сельскохозяйственного производства, изменение термического режима зоны вечной мерзлоты, деградация оледенения, изменение уровня Мирового океана, проблема прибрежных городов и т. д.

Важнейшие положения монографии неоднократно обсуждались в последние годы на различных научных форумах. В частности, будучи представлены на нескольких советско-американских симпозиумах по вопросам генезиса и прогноза климата, они убедительно продемонстрировали высокий уровень и приоритет отечественной климатологии в разработке этой актуальной проблемы современной науки.

ИСТОРИЯ И АРХЕОЛОГИЯ

Издание документов КПСС

Очередной 13-й том сборника документов «КПСС в резолюциях и решениях съездов, конференций и пленумов ЦК» (М., Политиздат, 1981)* подготовлен Институтом марксизма-ленинизма при ЦК КПСС под общей редакцией К. У. Черненко и А. Г. Егорова. Опубликованные в нем документы охватывают период с января 1978 г. по июнь 1980 г. Они свидетельствуют о неуклонно возрастающей роли Коммунистической партии, ее центральных и местных организаций, выдающемся вкладе Генерального секретаря ЦК КПСС, Председателя Президиума Верховного Совета СССР товарища Л. И. Брежнева в осуществление величественных задач коммунистического строительства.

Итоги десятой пятилетки подтвердили правильность экономической стратегии, выработанной на XXIV и XXV съездах партии. Советский народ под руководством Коммунистической партии добился новых значительных успехов в интенсификации экономики, в решении больших и важных социальных задач, в росте экономического и оборонного потенциала страны. Партия, как это видно из документов сборника, осуществляла политическое руководство хозяйством, всеми сферами жизни советского общества, созидательным творчеством трудящихся, поддерживала и поощряла передовой опыт новаторов, ценные инициативы трудовых коллективов и отдельных производственников, проявляла постоянную заботу о дальнейшем повышении уровня жизни советских людей. Все это является отражением живой, неразрывной связи КПСС с массами, тесного единства ее с народом.

Задачи повышения эффективности и качества работы, достижения высоких конечных результатов хозяйствования требовали сосредоточить главное внимание на ключевых проблемах: на развитии энергетики, топливно-сырьевой базы, металлургии, машиностроения, химической промышленности, транспорта, улучшении дел в капитальном строительстве, увеличении производства продовольствия и товаров народного потребления.

Для последовательной реализации аграрной политики партии важное значение имели решения июльского (1978 г.) Пленума ЦК КПСС. В них, а также в соответствующих постановлениях ЦК КПСС и Совета Министров СССР, публикуемых в томе, намечена широкая программа развития и повышения эффективности всех отраслей сельскохозяйственного производства в тесной связи с решением социальных задач.

Большое внимание КПСС уделяет максимальному использованию огромного экономического потенциала страны и преимуществ плановой социалистической экономики, совершенствованию механизма управления и хозяйствования. Ряд постановлений отражает меры по решению этих задач. Предусмотрено совершенствование планирования и методов хозяйствования в условиях зрелого социализма, усиление роли государственного плана при одновременном расширении демократических начал, прав трудовых коллективов.

Из документов сборника видно, что ЦК КПСС четко ориентирует все партийные, государственные и общественные организации, хозяйственные органы на дальнейшее укрепление дисциплины и правопорядка, воспитание у трудящихся чувства долга, ответственности и добросовестного отношения к порученному делу.

Важным направлением в деятельности КПСС в 1978—1980 гг. было дальнейшее всестороннее развитие социалистической государственности и советской демократии, укрепление

---

* О предыдущих томах этого издания см.: ежегодник «Наука и человечество», 1975, с. 405—408; 1980, с. 362—363. — *Ред.*

правовых основ государственной и общественной жизни, а также активизация работы общественных организаций.

В документах по идеологическим вопросам, опубликованных в сборнике, конкретизируется комплексный подход партии к постановке всего дела воспитания, т. е. обеспечение тесного единства идейно-политического, трудового и нравственного воспитания. Они проникнуты глубокой заботой о формировании всесторонне развитой личности, активной жизненной позиции у советских людей, сознательного отношения к общественному долгу.

По материалам сборника четко прослеживается международная деятельность КПСС, основанная на принципах марксизма-ленинизма и пролетарского интернационализма и направленная на всемерное укрепление братского союза социалистических государств, поддержку справедливой борьбы народов за свободу и независимость, обуздание гонки вооружений, сохранение и развитие международной разрядки, за мирное сосуществование. Делу мира, социального прогресса служит дальнейшее углубление сотрудничества стран социализма в политической, экономической и других областях.

Некоторые документы сборника публикуются впервые.

Единство теории и практики

Разностороннему анализу практического опыта по осуществлению предначертаний партии в области внутренней и внешней политики посвящены материалы 7-го и 8-го выпусков сборника документов «XXV съезд КПСС: единство теории и практики» (М., Политиздат, 1981)*.

В них вошли доклады, статьи, речи, выступления и интервью Генерального секретаря ЦК КПСС, Председателя Президиума Верховного Совета СССР товарища Л. И. Брежнева, членов и кандидатов в члены Политбюро, секретарей ЦК КПСС; отражены важнейшие направления теоретической и практической работы Коммунистической партии в свете решений XXV съезда КПСС, показана вдохновенная деятельность советского народа по завершению десятой пятилетки, подготовке к XXVI съезду КПСС.

7-й выпуск сборника содержит документы, опубликованные в первой половине 1980 г. Поставленные товарищем Л. И. Брежневым на ноябрьском (1979 г.) Пленуме ЦК КПСС вопросы экономической политики партии рассматриваются в статьях и выступлениях руководителей КПСС и Советского государства. В них подчеркивается, что партия, осуществляя научное руководство экономикой в интересах удовлетворения постоянно растущих материальных и культурных потребностей трудящихся, решает ключевую задачу повышения эффективности экономики. Это — важнейшее направление экономической стратегии КПСС, учитывающей закономерно возникающую в развитом социалистическом обществе необходимость совершенствовать народное хозяйство за счет повышения производительности труда, ускорения научно-технического прогресса.

В условиях развитого социализма растут масштабы созидательной деятельности трудящихся, в сознательное, активное творчество вовлекаются все более широкие народные массы. Партийные организации стремятся создать в каждом коллективе творческую обстановку, необходимые условия для эффективного проявления полезной инициативы, политической и трудовой активности.

В сборнике отмечается, что чем дальше наша страна продвигается по пути коммунистического созидания, чем больше развивается наша экономика и чем выше становится благосостояние народа, тем большее значение приобретают задачи общественно-политического, культурного, морального и эстетического воспитания советских людей, уровень и качество идеологической работы. И чтобы не допустить разрыва материального и духовного развития, необходимо повсеместно придавать этой работе характер научно обоснованного и научно управляемого процесса.

В 8-й, заключительный выпуск сборника вошли материалы и документы, опубликованные во второй половине 1980 г. В них отмечается, что всенародная подготовка к очередному XXVI съезду КПСС в 1980 г. вызвала мощный подъем трудовой и общественно-политической активности советских людей, прежде всего коммунистов.

Отчетно-выборная кампания стала боевым предсъездовским смотром сил нашей партии, строгой проверкой качества работы всех членов КПСС. На отчетно-выборных партсобраниях, районных, городских, областных и краевых партконференциях, съездах республиканских партийных организаций по-деловому рассматривались все стороны деятельности парторганизаций, вскрывались упущения и недостатки, вносились конструктивные предложения.

В подготовке к XXVI съезду КПСС проявили большую активность не только коммунисты. Широкие трудящиеся массы убедительно продемонстрировали свою непоколебимую верность идеям марксизма-ленинизма, великому делу Ленина, делу коммунизма. При этом наглядно проявилась главная тенденция в развитии всей системы общественных отношений — единство и сплоченность советского общества: идейно-политическая сплоченность, выражающаяся в тесном единстве партии и народа, во всенародном одобрении внутренней и внешней политики КПСС; социальная сплоченность, заключающаяся в нерасторжимом союзе рабочих, колхозников и интеллигенции, в общности их коренных интересов; сплоченность наций и народностей, проявляющаяся в слиянии советского патриотизма и пролетарского интернационализма, в создании единого общесоюзного народнохозяйственного комплекса, в прогрессивном взаимопроникновении национальных культур.

Наряду с констатацией наших достижений в материалах сборника дан анализ нерешенных проблем, недостатков и трудностей. На октябрьском (1980 г.) Пленуме ЦК КПСС товарищ Л. И. Брежнев раскрыл узловые проблемы социально-экономического развития страны, сделал обобщения по коренным вопросам коммунистического строительства.

В сборнике отмечается, что защита мира, борьба против войны — неотъемлемая черта внешней политики СССР. В советском обществе, где нет классов, заинтересованных в войнах, внешняя политика была, есть и будет политикой мира.

Борьба за мир проходит в сложной обстановке, когда американский империализм и его сторонники встали на путь подрыва разрядки, усиления гонки вооружений, развернули враждебные провокации, взвинчивают истерию страха перед «коммунистической угрозой». Однако неизменная, последовательная борьба против агрессии, за безопасность и сотрудничество народов, за прочный мир на Земле снискали нашей стране, ленинской партии огромный международный авторитет.

Миролюбивые инициативы СССР и других стран социалистического содружества, их согласованные действия на международной арене воспринимаются во всем мире с удовлетворением и надеждой. Они привели к значительной активизации движения за мир, безопасность и сотрудничество.

О 13-м томе сборника документов «Решения партии и правительства по хозяйственным вопросам»

Опубликован очередной, 13-й том сборника документов «Решения партии и правительства по хозяйственным вопросам» под общей редакцией К. У. Черненко и М. С. Смиртюкова (М., Политиздат, 1981)*.

---

* О предыдущих выпусках этого сборника см.: ежегодник «Наука и человечество», 1979, с. 351; 1980, с. 363; 1981, с. 354 — *Ред.*

* О предыдущих томах см.: ежегодник «Наука и человечество», 1976, с. 367—370; 1978, с. 351—353; 1979, с. 352—353; 1981, с. 355—356. — *Ред.*

В томе содержатся важнейшие документы высших органов Коммунистической партии и Советского государства по вопросам руководства народным хозяйством и социально-культурным строительством за период с апреля 1979 г. по март 1981 г. Центральное место в томе занимают материалы исторического XXVI съезда партии: доклад Генерального секретаря ЦК КПСС товарища Л. И. Брежнева «Отчет Центрального Комитета КПСС XXVI съезду Коммунистической партии Советского Союза и очередные задачи партии в области внутренней и внешней политики» и утвержденные съездом «Основные направления экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года».

Отчетный доклад ЦК КПСС съезду партии — выдающийся документ, имеющий большое теоретическое и практическое значение. В нем глубоко и всесторонне анализируются результаты развития нашей страны в экономической, социально-политической и духовной сферах, намечена обширная программа дальнейшего строительства коммунизма в СССР, раскрыты главные направления внутренней и внешней политики КПСС, поставлены основные задачи, которые предстоит решать, указаны пути и сроки их решения, определена стратегия и тактика на многие годы вперед.

Документы тома показывают, что партия и правительство делают упор на повышение эффективности и качества работы, на максимальное использование огромного экономического и научно-технического потенциала, на обеспечение дальнейшего роста тяжелой промышленности — фундамента экономики, на ускоренное развитие отраслей, определяющих технический прогресс.

Достигнутый уровень развития экономики, возросшие масштабы производства и усложнение экономических связей предъявляют все более высокие требования к управлению. В томе публикуются постановления по совершенствованию хозяйственного механизма. Их выполнение КПСС рассматривает как крупную хозяйственно-политическую задачу партийных, советских, хозяйственных и профсоюзных органов. В связи с этим возрастает роль науки. Усилить взаимодействие науки и производства — настоятельное требование современной эпохи. Большое внимание уделяется усилению режима экономии, укреплению хозяйственного расчета, улучшению трудовой дисциплины, порядка и организованности на производстве.

Документы, помещенные в данном томе, являются ярким свидетельством целеустремленной деятельности партии и правительства в интересах советских людей. Забота о благе народа, о повышении его материального и культурного уровня — высшая цель Коммунистической партии. Главная задача одиннадцатой пятилетки, отмечается в Основных направлениях экономического и социального развития нашей страны — это обеспечение дальнейшего роста благосостояния трудящихся, основанного на устойчивом, поступательном развитии народного хозяйства, ускорении научно-технического прогресса и переводе экономики на интенсивный путь развития, более рациональном использовании производственного потенциала страны, всемерной экономии всех видов ресурсов и улучшении качества работы.

В 13-м томе значительное место занимают документы, в которых решаются вопросы дальнейшего развития сельского хозяйства. Улучшение снабжения населения продовольственными товарами — это проблема не только экономическая, но и социальная, политическая. Для ее решения признано необходимым разработать специальную продовольственную программу, которая органически соединит сельскохозяйственное производство с отраслями, занимающимися хранением, переработкой его продукции, и с торговлей. Дальнейший подъем сельского хозяйства, повышение его эффективности — предмет особой заботы партии и правительства. Они и впредь будут выделять селу крупные финансовые и материальные ресурсы, продолжать планомерный перевод сельскохозяйственного производства на индустриальную основу, совершенствовать экономические условия работы колхозов и совхозов. Однако центр тяжести теперь — и это важная отличительная особенность аграрной политики в 80-е годы — переносится на отдачу от капиталовложений, рост продуктивности сельского хозяйства, на совершенствование его связей со всеми отраслями агропромышленного комплекса.

Партия призывает настойчиво бороться за всемерную интенсификацию сельскохозяйственного производства, техническое перевооружение сельского хозяйства на базе новой техники, всемерное развитие животноводства, являющегося ударным фронтом на селе, а также использовать возможности личных подсобных хозяйств.

Важное значение, как это видно из материалов сборника, придается увеличению выпуска и повышению качества товаров народного потребления. В принятых решениях предусматриваются меры по более полному удовлетворению спроса на продовольственные и промышленные товары, по дальнейшему развитию торговли и общественного питания, улучшению бытового обслуживания населения.

В ряде документов сборника сформулированы конкретные задачи по улучшению использования земли, ее недр, водных ресурсов, растительного и животного мира, усилению контроля в области природопользования и охраны окружающей человека среды.

Все документы, включенные в том, являются действующими, некоторые из них публикуются впервые.

В. И. Ленин,
КПСС о развитии науки

В сборнике документов «В. И. Ленин, КПСС о развитии науки» (М., Политиздат, 1981) опубликованы полностью или частично произведения В. И. Ленина, его письма, статьи, речи, в которых определены задачи и основные направления развития ведущих отраслей науки, их влияние на социально-экономическую жизнь, на дальнейшее развитие производительных сил общества. Кроме того, включены материалы, отражающие вопросы развития науки в решениях съездов, конференций КПСС и пленумов ЦК, а также в документах ЦК КПСС и Советского государства.

В. И. Ленин неоднократно указывал, что основным условием победы коммунизма являются научная разработка стратегии и тактики, правильное направление социально-экономического и политического развития, организованный по последнему слову науки и техники высокопроизводительный труд. Им дан глубокий анализ значения науки в построении и развитии социалистического общества. С гениальной прозорливостью он увидел в открытиях естественных наук конца XIX и начала XX в. назревавшую научно-техническую революцию, которая развернулась во второй половине XX в.

В. И. Ленин уделял огромное внимание теоретико-познавательным и методологическим вопросам развития науки. В его работах, опубликованных в сборнике, раскрывается значение принципа партийности в общественных науках, дана материалистическая трактовка новейших достижений в области естествознания.

В ленинских трудах четко прослеживаются существенные различия в роли науки при капитализме и социализме, отражена борьба за материалистическое толкование мира, борьба против любой разновидности идеализма, ярко выражена забота о том, чтобы направить науку на службу народу, на дальнейшее развитие производительных сил, на использование богатств природы в интересах подъема народного благосостояния.

В. И. Ленин поставил перед партией, всем народом задачу — учиться работать по-новому, с применением научных принципов организации труда. Решение этой кардинальной задачи он связывал с достижением всеобщей грамотности трудящихся, с крутым подъемом образования, с бурным развитием науки и техники.

Ленинские идеи о значении планирования в социалистическом обществе, о необходимости научно обоснованных прогнозов развития экономики, науки и техники в современных условиях приобретают особую актуальность.

В документах КПСС, опубликованных в сборнике, нашли отражение ленинские идеи о ведущей роли революционной теории марксизма-ленинизма, о месте и значении науки в развитии общества, о разработке научных вопросов управления и производства в нашей стране, о развитии главных направлений отечественной науки, создании ее материально-технической базы, подготовке научных кадров. Эти документы свидетельствуют о том, что вопросы развития науки всегда были важнейшим общепартийным, общегосударственным делом.

Так, IX съездом партии особо подчеркивалось значение научной организации труда в промышленности, XII съездом — внедрения НОТ в управлении.

Особенно большое внимание вопросам организации науки уделяется после XXIII съезда КПСС, который в качестве одной из первоочередных выдвинул задачу — ускорить научно-технический прогресс на основе развития научных исследований, быстрой реализации их результатов в производстве и внедрения изобретений.

Публикуемые документы показывают, какой широкий круг вопросов развития науки постоянно находится в поле зрения партии, ее Центрального Комитета.

Выполняя решения съездов КПСС, наша страна добилась заметного роста научно-технического потенциала. Еще шире стал фронт научных исследований, все больший размах приобретает творчество сотен тысяч изобретателей и рационализаторов.

Курс партии состоит в том, чтобы и впредь проявлять постоянное внимание и заботу о развитии большой науки, о ее главном штабе — Академии наук СССР. По поручению ЦК КПСС и правительства академические институты совместно с министерствами и ведомствами подготовили проект Комплексной программы научно-технического прогресса на 1976—1990 гг.

Новые большие перспективы в развитии науки открыл XXVI съезд КПСС, определивший важные задачи развития науки и внедрения ее достижений в производство.

Повышение эффективности и качества научных исследований — одна из центральных задач. Добиться ее решения можно только на основе тесного союза с практикой, и отсюда наказ партии ученым: совершенствовать формы связи науки и производства, всемерно содействовать использованию научных достижений в народном хозяйстве. Практическая реализация научных идей сегодня не менее важна, чем их разработка.

Партия призывает ученых сосредоточить внимание на важнейших проблемах научно-технического и социального прогресса, от решения которых в значительной мере зависят успехи экономики, культуры и самой науки, предусмотреть дальнейшее развитие исследований, открывающих принципиально новые пути и возможности для преобразования производительных сил страны, создания техники и технологии будущего.

История домарксовых социалистических учений

Уже в первые годы после Великой Октябрьской социалистической революции советские ученые приступили к фронтальному исследованию истории западноевропейского утопического социализма, создав специальную отрасль исторической науки, рассматривающую развитие и формы домарксовых социалистических учений.

У истоков всей этой огромной коллективной работы стоял один из выдающихся советских исследователей истории социалистических идей академик Вячеслав Петрович Волгин (1879—1962). Анализу как личного вклада В. П. Волгина, так и вклада его учеников и последователей в изучение рассматриваемой проблемы, по существу, и посвящена книга докторов исторических наук В. А. Дунаевского и Г. С. Кучеренко «Западноевропейский утопический социализм в работах советских историков» (М., Наука, 1981).

В первом разделе монографии, охватывающем период 1917—1963 гг., показано, как в борьбе с антимарксистскими построениями советская историческая наука добилась решительного перелома в данной области знания. Издавались хрестоматии, содержащие тексты трудов домарксовых социалистов, был создан ряд серьезных сводных работ по истории утопического социализма, в первую очередь В. П. Волгина. Однако его деятельность далеко не исчерпывалась публикацией обобщающих исследований, посвященных домарксовой социалистической мысли. Ему принадлежала также инициатива в создании нескольких серий книг, включавших труды социалистов-утопистов, которым предшествовали очерки об авторах той или иной утопической теории.

Первая из этих серий, вышедшая еще в 1921—1923 гг., называлась «Предшественники современного социализма». Позднее была издана более обширная серия «Предшественники научного социализма», начавшая выходить под редакцией В. П. Волгина с 1947 г. В книгах этой серии (опубликованы были произведения Т. Мора, Т. Кампанеллы, Д. Уинстенли, Ж. Мелье, Морелли, Г. Мабли, Д. Вераса, Ф. Буонарроти, А. Сен-Симона, Ш. Фурье, О. Бланки, Э. Кабе, Т. Дезами, Ж.-Ж. Пийо, В. Вейтлинга, А. И. Герцена) были раскрыты важнейшие этапы развития домарксовой социалистической мысли.

Наряду с трудами В. П. Волгина в 20-е годы появились монографии о западноевропейском утопическом социализме ряда других советских авторов: П. П. Щеголева о Бабефе, А. И. Анекштейна о А. Сен-Симоне и Ш. Фурье, Ю. М. Стеклова о О. Бланки, в 30-е годы — А. Р. Иоаннисяна о Ш. Фурье и др.

Советская историческая и философская наука внесла большой вклад в изучение истории домарксовых социалистических учений и движений в России. И хотя эта тема выходит за рамки исследования В. А. Дунаевского и Г. С. Кучеренко, необходимо отметить приводимый авторами вывод В. П. Волгина, сделанный в его последнем крупном исследовании, посвященном А. И. Герцену, о глубокой связи истории «русского социализма» с идейным наследием западноевропейской социалистической мысли. В. П. Волгин как бы завещал советским историкам расширить дальнейшие исследования о взаимосвязи истории утопического социализма на Западе и в России.

Второй раздел книги включает материалы об изучении в СССР западноевропейского утопического социализма за период с 1964 по 1979 г. В это время ученики и продолжатели дела В. П. Волгина (В. М. Далин, Б. Ф. Поршнев, А. Р. Иоаннисян, И. И. Зильберфарб, Л. С. Чиколини, И. Н. Осиновский, А. Э. Штекли, А. Х. Горфункель и др.) издают монографии о виднейших представителях и важнейших направлениях домарксового социализма. В них содержатся малоизвестные и вновь открытые источники, трактуемые советскими учеными с позиций марксистско-ленинской методологии и содержащие острую и обоснованную полемику с нашими идейными противниками.

В эти же годы было осуществлено издание трудов В. П. Волгина в пяти томах. Опубликованные в то же время четыре выпуска тематического сборника «История социалистических учений» объединили усилия специалистов, служили средством постановки исследовательских, историографических, методологических и источниковедческих вопросов, подводили итоги и намечали пути дальнейших поисков.

Три следующие раздела монографии посвящены анализу дооктябрьских исследований в области истории общественной и социалистической мысли двух крупнейших советских историков Е. В. Тарле и В. П. Волгина. Труды первого из них касались отдельных сторон истории западноевропейского утопического социализ-

ма, связанных с именами Г.Бабефа и Т. Мора. Что же касается труда В. П. Волгина о Мелье, завершенного в 1908 г., но увидевшего свет лишь после Великого Октября, то он, как показали авторы книги, явился первым краеугольным камнем этой отрасли советской марксистко-ленинской исторической науки.

Заключительный раздел книги В. А. Дунаевского и Г. С. Кучеренко «Е. А. Косминский об английском утопическом социализме» целиком основан на материалах, обнаруженных в архиве Академии наук СССР в фонде ученого. Рассматривая концепции трех великих английских утопистов Т. Мора, Д. Уинстенли и Р. Оуэна, академик Е. А. Косминский решительно возражает тем исследователям, которые утверждали, что для Англии социализм являлся «чем-то чуждым». Все три названных мыслителя, по словам Косминского, подготовили путь научному социализму.

Самостоятельное значение имеет включенный в монографию библиографический указатель «История социалистических учений в изданиях 1917—1980 гг.», составленный под руководством авторов сотрудниками Государственной публичной исторической библиотеки РСФСР А. Н. Горбачевой и В. З. Григорьевой.

Движущие силы мирового революционного процесса

Объективные основы, содержание и важнейшие закономерности современного этапа мирового революционного процесса, перехода от капитализма к социализму, составляющего основное содержание нашей эпохи, глубоко и всесторонне раскрыты в коллективной работе, подготовленной сотрудниками Института марксизма-ленинизма при ЦК КПСС «Движущие силы мирового революционного процесса» (М., Политиздат, 1981).

В книге дан анализ основных движущих сил мирового революционного процесса — реального социализма, рабочего движения в капиталистических странах, антиимпериалистического национально-освободительного движения. Авторы показывают значение и вклад каждой из этих движущих сил в развитие социального прогресса.

Вместе с тем значительное внимание в книге уделяется и анализу объективных основ единства всех этих движущих сил мирового революционного процесса. Особо подчеркивается, что одним из определяющих факторов успеха в общей антиимпериалистической борьбе, в борьбе за мир, демократию, национальную независимость и социализм является активное взаимодействие всех отрядов революционного движения на основе принципов марксизма-ленинизма и пролетарского интернационализма. Достижение этого единства действий не складывается стихийно, а требует постоянных и эффективных усилий прежде всего со стороны коммунистических, рабочих и революционно-демократических партий как авангарда массовой антиимпериалистической борьбы.

Остро и аргументированно критикуются в монографии буржуазные, реформистские, ревизионистские и маоистские концепции, направленные на ослабление мирового революционного движения и служащие целям разобщения сил, борющихся за демократию и социализм.

В книге раскрыты основные характерные черты и особенности современного этапа общественного развития, факторы, способствующие ускорению мирового революционного процесса, — превращение международного коммунистического движения в самую влиятельную политическую силу современности, изменение соотношения сил на международной арене в пользу социализма, расширение социальной базы революционных преобразований, качественные сдвиги в развитии производительных сил общества, связанные с научно-технической революцией и др.

«Путеводной звездой в гигантском, самоотверженном труде коммунистов мира, — говорится в книге, — попрежнему служит немеркнущий интернационалистический лозунг великих революционеров — авторов «Коммунистического манифеста»: «Пролетарии всех стран, соединяйтесь!». Применяя этот лозунг к современным условиям, международное Совещание коммунистических и рабочих партий 1969 г. провозгласило: «Народы социалистических стран, пролетарии, все демократические силы в странах капитала, освободившиеся и угнетенные народы, объединяйтесь в общей борьбе против империализма, за мир, национальную независимость, социальный прогресс, демократию и социализм!»

Этот лозунг продолжает лучшие традиции коммунистического движения. Он зовет народы всех стран на борьбу против общего врага — империализма, на борьбу во имя торжества великого дела рабочего класса, дела коммунизма».

Книга хорошо документирована, содержит интересный фактический материал. Она, несомненно, будет способствовать более глубокому пониманию путей развития современного общества.

Рабочий класс и проблемы антимонополистической борьбы

В мае 1981 г. в Москве состоялась международная научная конференция «Рабочий класс и проблемы антимонополистической борьбы», организованная ВЦСПС и Институтом международного рабочего движения АН СССР. В ней приняли участие ученые и профсоюзные деятели многих стран мира.

С докладами на пленарном заседании выступили член-корреспондент АН СССР Т. Т. Тимофеев, директор исследовательского центра Всеобщей конфедерации труда Ж. Маньядас (G. Magniadas), (Франция), лауреат Международной ленинской премии «За укрепление мира между народами», директор Института международного рабочего движения Акира Иваи (Akira Jvai) (Япония), Генеральный секретарь Унитарного профцентра Венесуэлы Х. Кроэс (H. Croes), секретарь Европейской организации исследователей рабочего движения Г. Штайнер (G. Steiner) (Австрия) и другие.

В докладах отмечалось, что в современных условиях, когда кризис империализма углубляется, правящие круги крупнейших капиталистических стран пытаются найти выход в раздувании гонки вооружений и в еще большей эксплуатации трудящихся. Особую опасность представляют транснациональные корпорации (ТНК), которые, взаимодействуя с военно-промышленными комплексами, усиливают наступление на права и жизненный уровень трудового народа и являются угрозой миру и международной безопасности. Быстрый рост военного производства в капиталистическом мире сопровождается увеличением безработицы. Все это заставляет профсоюзы искать пути для защиты жизненных интересов трудящихся, и прежде всего для решения проблемы занятости.

На конференции работало три секции.

Первая была посвящена проблемам, связанным с научно-технической революцией, кризисом капитализма и рабочим движением. В выступлениях рассматривались влияние ТНК на свободную зону торговли в ряде регионов, на миграцию рабочей силы; деятельность рабочего класса и его профсоюзных организаций против ТНК; взаимодействие международного рабочего и национально-освободительного движений против политической экспансии ТНК; организация рабочего движения в условиях сырьевого и энергетического кризисов.

Большое внимание было уделено таким вопросам, как формирование отрядов современного пролетариата развивающихся стран в связи со сдвигами в международном разделении труда; структурные сдвиги в налогообложении и налоговой политике ТНК в развитых капиталистических странах; занятость населения и др.

Во второй секции велось обсуждение задач профсоюзной борьбы с транснациональными корпорациями. Почти все выступающие подчеркивали значение единства действий как

главной тенденции в международном профсоюзном движении на современном этапе. Говорилось о национальных движениях в странах развитого капитализма — этом важном резерве антимонополистической борьбы трудящихся и профсоюзов; о борьбе профсоюзов против негативных последствий капиталистической рационализации и внедрения новой техники.

Третья секция была посвящена борьбе против военной опасности, которую несут миру ТНК и военно-промышленные комплексы. Рассматривалось влияние борьбы за разоружение на положение трудящихся, борьбы трудящихся и их профсоюзных организаций против гонки вооружений, демократические альтернативы политике милитаризма.

Конференция показала, какое большое внимание ученые и профсоюзные деятели различных стран придают борьбе за мир, за разоружение, против политики транснациональных корпораций и военно-промышленных комплексов.

Очередные тома «Истории второй мировой войны 1939—1945»

Вышли в свет 10-й и 11-й тома 12-томного издания «Истории второй мировой войны 1939—1945» (председатель главной редакционной комиссии Д. Ф. Устинов)*, подготовленные Институтом военной истории Министерства обороны СССР совместно с Институтом марксизма-ленинизма при ЦК КПСС, Институтом всеобщей истории и Институтом истории СССР Академии наук СССР. Они всесторонне освещают с марксистско-ленинских позиций важнейшие политические, военные, социально-экономические и дипломатические события, происходившие в 1945 г. — завершающем году второй мировой войны.

10-й том — «Завершение разгрома фашистской Германии» — посвящен заключительному этапу второй мировой войны в Европе (январь-май 1945 г.), в ходе которого объединенными усилиями армий стран антигитлеровской коалиции при решающей роли Советских Вооруженных Сил был завершен разгром фашистской Германии.

Объективный анализ действий на всех фронтах свидетельствует о том, что к 1945 г. советско-германский фронт оставался решающим во второй мировой войне. Именно здесь, как и прежде, происходили события, наиболее важные по своему значению. Сокрушительный разгром противника в ходе Висло-Одерской, Восточно-Прусской, Будапештской, Венской, Берлинской и Пражской стратегических наступательных операций значительно ускорил победоносное завершение войны в Европе.

В книге дается глубокий анализ обстановки накануне крупнейших операций, рассматриваются положение и планы сторон, ход и результаты вооруженной борьбы, политические, экономические и военные причины побед Советского Союза. С особой полнотой раскрывается организаторская и руководящая деятельность Коммунистической партии. Значительное место авторы уделяют обобщению опыта партийно-политической работы в войсках, раскрывают влияние этой работы на повышение идеологического уровня советских воинов, на рост массового героизма в их рядах, на стремление выполнить свой долг по освобождению порабощенных фашизмом народов Европы.

Показана ведущая роль советской политики и стратегии, историческое значение освободительной миссии Советских Вооруженных Сил в странах Центральной и Юго-Восточной Европы, влияние ленинской интернациональной политики на развитие в них национально-освободительной борьбы и революционные преобразования.

В труде особо подчеркивается, что всесторонняя помощь СССР государствам Центральной и Юго-Восточной Европы была естественным и закономерным проявлением ленинской внешней политики; показываются совместные усилия в борьбе против общего врага Советских Вооруженных Сил с 1-й и 2-й армиями Войска Польского, 1-й болгарской армией, 1-м чехословацким армейским корпусом, 1-й и 4-й румынскими армиями, а в боях за Будапешт — и с венгерскими подразделениями; прослеживается влияние побед советских войск на дальнейший подъем движения Сопротивления в Европе. При этом подчеркивается ведущая роль коммунистических и рабочих партий в этом движении, которое объединяло усилия всех прогрессивных общественных организаций, выступавших единым фронтом против гитлеровских захватчиков.

Рассматривая проблемы международных отношений и борьбы СССР за демократический мир, авторы тщательно анализируют работу и решения конференций союзных держав в Ялте, Сан-Франциско и Потсдаме, на которых были приняты согласованные планы завершения разгрома фашистской Германии и милитаристской Японии, а также решались вопросы послевоенного устройства мира, что свидетельствует о возможности сотрудничества стран с различным социальным строем в борьбе против агрессии. Таков положение особенно актуально для современных условий. В этом плане интерес представляет процесс создания международной организации, которая впоследствии стала называться Организацией Объединенных Наций (ООН). На нее возлагалось принятие практических мер для ограждения человечества от мировых войн, для обеспечения безопасности народов, их свободы и независимости.

Одним из условий сохранения мира в будущем было осуждение нацизма как источника бредовых идей и теорий, угрожавших существованию всего человечества.

Идея международного уголовного суда была претворена в жизнь путем организации Нюрнбергского процесса, в ходе которого были признаны преступными организации германского фашизма — СС, СА, гестапо, СД, правительство, генеральный штаб и высшее командование германских вооруженных сил, а также руководящий состав национал-социалистской партии. Авторы подчеркивают, что благодаря Нюрнбергскому процессу «была раскрыта человеконенавистническая сущность фашизма, его идеологии, в особенности расизма, являющегося идейной основой для подготовки и развязывания агрессивных войн и массового истребления людей», а также перед всем миром была разоблачена пресловутая теория гитлеровских апологетов войны о превентивном характере нападения фашистской Германии на Советский Союз.

Итоги Нюрнбергского процесса служат делу мира, являясь грозным предостережением для агрессивных сил, призывают к бдительности всех, кто борется за сохранение мира.

В 11-м томе — «Поражение милитаристской Японии. Окончание второй мировой войны» рассмотрен комплекс военных, политических и экономических событий в бассейне Тихого океана, в странах Юго-Восточной Азии и на Дальнем Востоке за период с января 1945 г. по май 1946 г.

Авторы глубоко проанализировали общую обстановку, сложившуюся на Дальнем Востоке к лету 1945 г., рассмотрели военные действия на Тихом океане и в Юго-Восточной Азии, раскрыли причины вступления СССР в войну против Японии, показали вклад Советских Вооруженных Сил в разгром агрессора на Дальнем Востоке.

В то время американо-английское командование планировало окончить войну в конце 1946 г. при условии, если СССР вступит в войну с Японией. Однако в результате вступления Советского Союза в войну действительность превзошла все ожидания союзников. Только благодаря решительным действиям по разгрому более чем миллионной Квантунской армии окончание войны было ускорено более чем на год.

Глубокий и всесторонний анализ конкретных исторических фактов и

---

* О предыдущих томах этого издания см.: ежегодник «Наука и человечество», 1975, с. 413; 1976, с. 374; 1977, с. 372; 1978, с. 360; 1980, с. 365—366. — *Ред.*

сложившейся военно-политической и стратегической обстановки убедительно свидетельствует о том, что атомная бомбардировка японских городов Хиросима и Нагасаки не вызывалась военной необходимостью, а преследовала исключительно политические цели. Иначе трудно понять, почему атомной бомбардировке были подвергнуты мирные города, а не войска или хотя бы крупные военные объекты. Ценой уничтоженных и искалеченных 500 тысяч человек гражданского населения Японии американское руководство попыталось запугать народы мира, укрепить свои военные и дипломатические позиции в послевоенном мире, обеспечить стратегическое превосходство над СССР и использовать его для политического давления на Советский Союз и другие прогрессивные государства.

Большое место в томе отведено подготовке и ведению советскими войсками Маньчжурской наступательной операции, Южно-Сахалинской наступательной и Курильской десантной операции. Летом 1945 г. Советские Вооруженные Силы осуществили скрытную и быструю перегруппировку и переброску крупных контингентов войск на расстояние от 9 до 11 тыс. км с запада на восток.

Анализ хода военных действий позволяет сделать вывод о том, что Маньчжурская наступательная операция явилась венцом советского военного искусства во второй мировой войне. В ней аккумулировался опыт подготовки и проведения крупнейших стратегических наступательных операций против фашистской Германии. В ходе Маньчжурской операции советские войска продемонстрировали умение наносить внезапные сокрушительные удары по вражеским группировкам, организовывать и поддерживать четкое и непрерывное взаимодействие между различными видами Вооруженных Сил и родами войск, развивать высокие темпы продвижения с использованием морских и воздушных десантов, что способствовало достижению крупных стратегических результатов в короткие сроки.

Большой интерес представляют материалы, показывающие интернациональную освободительную миссию Советских Вооруженных Сил, которые вступили в пределы Внутренней Монголии, Маньчжурии и Северной Кореи для того, чтобы разгромить войска японских агрессоров и ликвидировать второй очаг мировой войны, обеспечить безопасность советских дальневосточных границ.

Интересны включенные в том материалы Токийского международного трибунала над главными японскими военными преступниками, виновными в развязывании второй мировой войны. Итоги Токийского процесса, так же как и Нюрнбергского, — грозный урок современным агрессорам.

Опыт и уроки минувшей войны, все послевоенное развитие человечества наглядно свидетельствуют о необратимости революционных преобразований в мире, неизбежности краха политики, основанной на антисоветизме и военной экспансии.

Коренной поворот в ходе второй мировой войны

26 ноября 1981 г. в Москве в ознаменование 40-летия разгрома немецко-фашистских войск под Москвой состоялась большая военно-научная конференция на тему «Советское военное искусство под Москвой».

Конференцию открыл первый заместитель министра обороны, начальник Генерального штаба Вооруженных Сил, Маршал Советского Союза Н. В. Огарков. Советские люди, сказал он, с чувством законной гордости за нашу Советскую Родину отметили победу советского народа и его Вооруженных Сил в исторической битве под Москвой, положившей начало коренного поворота в ходе Великой Отечественной войны. В то грозное, тяжелейшее для нашей Родины время защитники ее столицы с честью выполнили свои боевые задачи. К сожалению, многие из них не дожили до Дня Победы. Участники конференции почтили их светлую память вставанием.

Организатором и вдохновителем победы в Московской битве явилась Коммунистическая партия. Боевым штабом всей страны был ее Центральный Комитет, Политбюро ЦК и Государственный Комитет Обороны. Массовый героизм советских воинов, возросший уровень советского военного искусства явились решающими факторами победы в этой исторической битве.

С докладом «Советское военное искусство в битве под Москвой» выступил главнокомандующий Сухопутными войсками, заместитель министра обороны СССР генерал армии В. И. Петров. В битве под Москвой советским войскам, их командованию пришлось заново или по-иному решать многие проблемы военного искусства, в частности, такие, как борьба за стратегическую инициативу, активная оборона, переход в контрнаступление, стратегическое наступление. Докладчик показал масштабность битвы, раскрыл особенности обороны советских войск под Москвой, которые упорно удерживали оборонительные полосы, сочетая эти действия с контратаками и контрударами, осуществляли широкий маневр силами и средствами. Советское командование удачно выбрало время для перехода в контрнаступление, в сжатые сроки подготовило стратегическую наступательную операцию, определило наиболее опасную группировку противника и выбрало направления главных ударов, использовало стратегические резервы для создания ударных группировок.

С докладом «Военно-организаторская деятельность Коммунистической партии в битве под Москвой» выступил заместитель начальника Главного политического управления Советской Армии и Военно-Морского Флота генерал-полковник М. Г. Соболев. Он подчеркнул, что единство политического, экономического и военно-стратегического руководства страной, достигнутое благодаря титанической деятельности партии и ее Центрального Комитета, — важнейший фактор победы в битве под Москвой. Коммунисты самоотверженно боролись на фронте и в тылу, несли в себе глубокую веру в победу. В дни битвы с особой силой проявилось единство партии и армии. Это выражалось в росте партийных рядов, пополнении фронта людскими и материальными ресурсами. Большой вклад в победу внесли трудящиеся Москвы и Московской области. Огромную роль в мобилизации личного состава на самоотверженную защиту столицы сыграла идеологическая, партийно-политическая работа в войсках. Главным содержанием этой работы являлось разъяснение справедливого, освободительного характера Великой Отечественной войны, воспитания у воинов пламенного советского патриотизма, готовности отдать все силы для разгрома немецко-фашистских захватчиков. В основу ее был положен призыв партии: «Ни шагу назад. Стоять насмерть!»

На конференции были заслушаны научные сообщения видных военачальников по узловым вопросам битвы под Москвой.

С большим вниманием были заслушаны воспоминания ветеранов Великой Отечественной войны, участников битвы под Москвой — дважды Героя Советского Союза генерала армии А. П. Белобородова и Героя Советского Союза генерала армии А. Л. Гетмана.

С заключительным словом выступил Маршал Советского Союза Н. В. Огарков. Он подчеркнул, что разгром немецко-фашистских захватчиков под Москвой имеет всемирно-историческое значение. Победа укрепила международный авторитет СССР. Еще прочнее стало морально-политическое единство общества. Был развеян миф о непобедимости немецко-фашистской армии.

Конференция внесла значительный вклад в исследование ряда проблем истории военного искусства, в изучение боевого опыта, полученного под Москвой, опыта партийно-политической работы, представляющего большую ценность. Участники конференции подчеркивали, что советские войска достойно продолжают героические боевые традиции армии и флота, строго выполняют важное требование партии, ее XXVI съезда к Вооруженным Силам — быть в постоянной готовности, надежно охранять созидательный труд народа.

Военно-блоковая политика империализма

Военными издательствами Министерства обороны СССР и Германской Демократической Республики выпущена в свет коллективная монография «Военно-блоковая политика империализма: история и современность», подготовленная объединенным авторским коллективом Института военной истории Министерства обороны СССР и Военно-исторического института ГДР под редакцией члена-корреспондента АН СССР П. А. Жилина и профессора Р. Брюля. Это первое совместное исследование военных историков СССР и ГДР, его результаты показали единство взглядов братских социалистических стран на современную военную политику и стратегию империализма.

В центре внимания авторов — происхождение военно-блоковой политики империализма, ее основные направления, обусловленные общим содержанием глобальной политики империализма на том или ином историческом этапе. Монографию можно условно разделить на две части. Первые четыре главы посвящены генезису проблемы. В них раскрывается агрессивная сущность и цели военно-блоковой политики империализма, анализируются ее проявления, начиная от интервенции иностранных держав против Советской Республики в 1918—1920 гг. вплоть до второй мировой войны 1939—1945 гг. Вскрывается реакционная роль Антанты и Четверного союза, разоблачаются их попытки удушить первое в мире социалистическое государство. Показывается история формирования, структура, политика и стратегия фашистского блока, раскрывается ведущая роль СССР в организации антигитлеровской коалиции и разгроме фашистско-милитаристского блока.

В остальных пяти главах исследуется военно-блоковая политика империализма после окончания второй мировой войны. В них рассматриваются экономические, социальные, идеологические и военно-стратегические основы современной военно-блоковой политики империалистических государств; дается всесторонний структурный, политический и военный анализ главного военного блока империалистических держав — блока НАТО, а также так называемых «периферийных» блоков — СЕАТО, СЕНТО, АНЗЮС, АНЗЮК, межамериканской военно-политической системы. Вскрываются новейшие тенденции военно-блоковой политики империализма в 70-е годы, показывается их тесная связь с эволюцией современных военно-политических и стратегических концепций и доктрин США и Североатлантического блока.

Сочетание исторического и теоретического методов исследования позволило авторам более полно и глубоко проанализировать такой важный вопрос, как социально-политическая сущность военно-блоковой политики империализма. Эта политика характеризуется в книге как деятельность империалистических государств по созданию и использованию военных, военно-политических и экономических союзов в соответствии с экспансионистской внешней и реакционной внутренней политикой империализма. Основным содержанием военно-блоковой политики является координированная подготовка и совместное использование военной силы, экономических, дипломатических, идеологических средств борьбы против основных сил мирового революционного процесса. На всех этапах развития блоковой политики империализма ее сущность остается неизменной, как неизменен хищнический, агрессивный характер порождающего ее империализма.

В книге даются определения военной коалиции, военного союза, современного империалистического блока. Современный империалистический военный блок создается, как правило, в мирное время и рассчитан на длительный период деятельности. Он является постоянным источником военной опасности, войны, для ведения которой еще в мирное время формируются объединенные вооруженные силы и органы военного управления.

Послевоенный этап военно-блоковой политики империализма характеризуется тенденцией к объединению всех сил империализма против социализма и общественного прогресса и созданию международного антисоциалистического союза под эгидой США. Военную основу антисоветской коалиции, по замыслу ее создателей, должна составить совокупность империалистических военных блоков, вокруг которых группируются и другие государства, связанные с империалистическими державами двусторонними соглашениями.

В монографии подробно рассматривается политика и военная деятельность НАТО. Показывается, что Североатлантический блок за годы своего существования стал главным орудием империалистической политики и войны, вокруг которого группируются другие блоки империализма. Раскрываются такие стороны его деятельности, как организация подрывной войны против социалистических стран Европы, а также против прогрессивных государств Азии и Африки.

Эти вопросы рассматриваются на фоне анализа интеграционных и дезинтеграционных процессов в НАТО, выявляется значение выхода Франции из его военной организации, раскрывается роль Еврогруппы как средства преодоления империалистических противоречий внутри блока.

В книге впервые предпринято обобщающее исследование военно-блоковой политики империализма на «периферии» капиталистического мира. Показывается, что создание системы «периферийных» империалистических блоков имело целью как окружение социалистической системы и борьбу против нее, так и подавление национально-освободительного движения народов колоний и зависимых стран, борьбу против освободившихся государств, вставших на прогрессивный путь развития. На опыте послевоенных локальных войн (Корея, Вьетнам) в монографии исследуются военные коалиции, формировавшиеся империалистическими государствами, прежде всего США, для прикрытия колониальной и неоколониальной агрессии против стран Азии, Африки и Латинской Америки. Империалистическая военно-блоковая политика играет зловещую роль как средство разжигания локальных войн и вооруженных конфликтов.

Авторы подчеркивают, что военные теоретики и политики империализма ни на секунду не прекращают поисков новых форм военно-блоковой политики, пытаются приспособить ее к требованиям модифицированных внешнеполитических доктрин и военно-политической стратегии США начала 80-х годов. В книге рассматриваются такие новейшие тенденции, как попытки ликвидировать существующий в мире баланс сил и создать капитализму все преимущества для борьбы против социализма; добиться военного превосходства блока НАТО над социалистическими странами, распространить сферу его действия за пределы Европы; создать новые блоки на «периферии» капиталистического мира взамен распавшихся, а также в новых районах, объявленных «сферой жизненных интересов США»; организовать на Дальнем Востоке тройственный военно-политический союз с участием Китая и Японии. Наконец общая опаснейшая тенденция этой блоковой политики состоит в том, что она во всевозрастающей степени служит интересам непосредственной подготовки войн и военных конфликтов различных масштабов.

Завершающая глава книги раскрывает борьбу Советского Союза, стран социалистического содружества, всех миролюбивых сил против агрессивной военно-блоковой политики империализма. Это одно из малоисследованных направлений антиимпериалистической борьбы получило в монографии широкое освещение. Авторы раскрывают ведущую роль мирового социалистического содружества, Организации Варшавского Договора в этой борьбе, в срыве агрессивных планов империалистических блоков, их попыток внести раскол в единство социалистических стран.

Совместный труд военных историков СССР и ГДР нацеливает читателей на постоянное и пристальное изучение военной политики империализма,

на поддержание высокой бдительности, укрепление боевого содружества социалистических стран на основе принципов пролетарского интернационализма.

Вооруженные силы и системы союзов

В сентябре 1981 г. в г. Монпелье (Франция) состоялась международная военно-историческая конференция «Вооруженные силы и системы союзов». Она проходила в соответствии с планом Международной комиссии военной истории — военно-исторической организации, объединяющей ученых различных стран, занимающихся исследованием проблем военного строительства, истории войн и военного искусства. В ней представлены национальные комиссии военной истории, военно-исторические службы, музеи и другие военно-исторические учреждения более чем 30 стран мира.

Конференция в Монпелье была организована Французской комиссией военной истории, Центром истории и проблем национальной обороны при Университете Поля Валери и Национальным центром научных исследований Франции и проходила под патронажем министра обороны Франции. На ней присутствовало более 250 ученых из 29 стран. Страны социалистического содружества были представлены делегацией СССР, которую возглавлял начальник Института военной истории Министерства обороны СССР член-корреспондент АН СССР П. А. Жилин, делегациями Польши, Венгрии и Румынии. В конференции принимали участие военные историки США, ФРГ, Великобритании, Канады, Италии, Нидерландов, Японии, Ливана, Камеруна, Туниса и других стран. Наиболее многочисленной была делегация военных историков Франции во главе с президентом Французской комиссии военной истории генералом армии Ф. Гамбьезом (F. Gambiez), членом Французского института.

С вступительным словом к участникам конференции обратился известный французский историк Ж.-Б. Дюрозель (G.-B. Duroselle), член Французского института. Выдвинутая им схема примерной классификации систем союзов в соответствии с такими принципами, как географическое положение, количество участников, равенство или неравенство партнеров, прочный или случайный характер союзных связей, отразила чисто структурный подход к характеристике военно-блоковых связей, присущий современной буржуазной политической социологии и истории.

Тема конференции получила широкое и разностороннее освещение. Всего было заслушано около 90 докладов и научных сообщений, в том числе 12 — на пленарных заседаниях. На конференции работали шесть секций: первая охватывала историю военных союзов с древнейших времен до XVIII в. включительно, вторая — XIX в., третья — XX в. до второй мировой войны, четвертая — вторую мировую войну, а пятая и шестая — историю послевоенных союзов и военных соглашений.

Советская делегация приняла активное участие в работе конференции. Большое внимание присутствующих привлек доклад члена-корреспондента АН СССР П. А. Жилина «Антигитлеровская коалиция в годы второй мировой войны», сделанный на пленарном заседании. В нем были раскрыты социально-политические основы союза государств и народов мира в борьбе против страшной угрозы, которую представлял для человечества фашизм; широко показана ведущая роль Советского Союза в достижении победы над фашистско-милитаристским блоком. П. А. Жилин подчеркнул, что, поскольку мировые войны являются войнами коалиционными, важно на широком историческом фоне проанализировать эволюцию военных коалиций и военных блоков. Политические цели государств, вошедших в антигитлеровскую коалицию во время второй мировой войны, были неоднородными. Однако в борьбе с общим врагом они сумели объединить свои усилия. Разоблачая измышления буржуазных фальсификаторов о якобы «случайном» характере антигитлеровской коалиции, докладчик показал, что ее деятельность в годы войны носила характер сотрудничества во имя общей цели — разгрома фашистских агрессоров и спасения мировой цивилизации. Это сотрудничество отвечало жизненным интересам народов коалиции и всего человечества. Многие участники конференции одобрили выдвинутый в докладе тезис о необходимости развития и закрепления в современных условиях опыта сотрудничества государств с различным общественным строем в целях предотвращения новой мировой войны.

Делегации социалистических стран приняли активное участие в работе секций, рассматривавших историю военных союзов и коалиций в годы второй мировой войны и послевоенный период. В дискуссии, развернувшейся вокруг доклада польского военного историка А. Жепневского (A. Rzepniewski) «Польско-французский военный союз 1939 г.: происхождение, возможности, надежды поляков и реальность», в котором содержалась критика политики западных держав в преддверии второй мировой войны, руководитель советской делегации разоблачил лицемерное поведение англо-французской делегации на военных переговорах в Москве летом 1939 г. Он привлек внимание аудитории к публикациям документов этих переговоров в Советском Союзе, осудил намеренное замалчивание этих документов буржуазными историками. В полемике с американскими учеными по докладу финского историка М. Лаппалайнена (M. Lappalainen) «Политические и военные отношения между Финляндией и Германией в годы второй мировой войны», П. А. Жилин поддержал выдвинутые докладчиком положения о правильности принятого Финляндией курса на выход из войны и разрыв с гитлеровской Германией, а также подчеркнул необходимость более глубокого исследования истории формирования гитлеровской коалиции в период разработки оперативно-стратегического плана «Операция «Барбаросса».

Советская делегация выступила также с разоблачением новейших форм антисоветской пропаганды при обсуждении на секции истории послевоенных военных союзов доклада французского ученого Г. Остермана (G. Ostermann) «НАТО и Варшавский Договор в американских военных играх». В выступлениях советских историков было показано, в частности, что так называемые «стратегические» военные игры, активно внедряемые американской и натовской пропагандой в среду молодежи от 18 до 26 лет, представляют собой изощренную форму милитаристской обработки населения и военнослужащих, в первую очередь молодежи. Особую опасность представляют так называемые фантастические игры, где по условиям заранее разработанных сценариев проигрываются либо способы вооруженной борьбы против СССР и стран Варшавского Договора, которые изображаются в этих сценариях постоянными агрессорами, либо способы агрессии против Советского Союза и стран социалистического содружества (например, военная игра под названием «Цель — Москва!»).

Проведение столь крупной конференции по вопросам истории военных союзов и вооруженных сил было обусловлено наряду с другими причинами остротой этой проблемы в современной жизни Франции и Европы в целом. В докладах и научных сообщениях ученых западных стран особое внимание уделялось вопросам внутриблоковых отношений, истории форм военного и военно-промышленного сотрудничества внутри империалистических союзов, а также вопросам истории взаимодействия коалиционных армий. Характерно, что оживленной дискуссии такие доклады не вызвали.

В конференции участвовали военные историки из развивающихся стран. Интерес присутствовавших вызвали доклады доктора Ба (Bah) (Камерун) «Стратегия союзов в период колониальных завоеваний: война и дипломатия в Западном Судане XIX века», доктора Шатера (Chater) (Тунис) «Договоры об обороне в арабском мире» и др.

Конференция способствовала обмену мнениями военных историков различных стран по одной из актуальнейших проблем современной военно-исторической науки. При закрытии конференции Ф. Гамбьез отметил конструктивный вклад советских военных историков в ее работу и заявил, что советские историки имеют полное право быть страстными при обсуждении вопросов войны и мира, ибо Советский Союз внес выдающийся вклад в достижение великой победы над силами агрессии и фашизма во второй мировой войне.

Тихий океан и мир

Культурное взаимообогащение народов — важный фактор прогресса человечества.

Безбрежная водная стихия Тихого океана, тысячелетиями разобщавшая народы и культуры, ныне в условиях научно-технической революции и коренных социальных преобразований становится одним из факторов, требующих объединения усилий народов этой части земного шара — населения стран Северной и Южной Америки, Австралии, Океании, Юго-Восточной Азии, советского Дальнего Востока — в решении глобальных проблем, начиная с проблемы рационального использования ресурсов величайшего водного бассейна планеты. Первым, исходным и самым необходимым условием решения такого рода проблем является сохранение и укрепление мира.

Об этом шла речь на Международном семинаре молодых исследователей по проблемам сотрудничества в бассейне Тихого океана, проходившем в г. Находке (СССР) в августе 1981 г. Более 200 участников семинара из 25 стран мира обсудили проходящие сейчас в Тихоокеанском регионе интеграционные процессы и связанные с ними противоречия, пути изучения человека, природной среды и культуры в масштабах региона, задачи научной молодежи и всей прогрессивной общественности государств Тихоокеанского региона в борьбе за мир, безопасность, разоружение и социальный прогресс.

По-своему символичны и место и время этой встречи. Именно в этом районе океана над японскими городами Хиросима и Нагасаки и именно в августе 1945 г. против человека было направлено величайшее научное и техническое достижение XX в. Именно здесь впервые со столь ужасающей наглядностью овладение атомной энергией выступило реальной угрозой самому существованию человечества. Именно тогда с небывалой дотоле остротой встала проблема ответственности ученых и общественных деятелей за судьбу цивилизации, с особой очевидностью предстала взаимозависимость судеб народов, ибо преступление против одного народа, одной культуры неизбежно становилось преступлением против всего человечества. Сохранить цивилизацию и саму жизнь на Земле в современных условиях можно прежде всего на основе всестороннего сотрудничества, всемерного развития контактов, творческого диалога между народами, между различными социальными и культурными традициями. Научной молодежи региона и всего мира здесь принадлежит очень важная роль.

В выступлениях участников семинара, а также и их почетных гостей: председателя Президиума ДВНЦ АН СССР, председателя Советского национального комитета Тихоокеанской научной ассоциации академика Н. А. Шило, известного норвежского исследователя профессора Тура Хейердала (T. Heyerdahl), видных ученых из США, Японии, Канады и других стран — было отмечено, что семинар способствует разработке всего комплекса тихоокеанской проблематики, связанной с политикой и экономикой, историей культуры и экологией.

Директор Института биологии моря член-корреспондент АН СССР А. В. Жирмунский, профессор Дальневосточного государственного университета Е. В. Краснов, другие ученые-естествоиспытатели в своих докладах рассмотрели наиболее актуальные вопросы сохранения благоприятной для жизни человека среды и рационального использования ресурсов Мирового океана.

Все еще далеки от совершенства современные системы природопользования, а оптимизация их затруднена уже тем, что естественные границы экологических систем не всегда совпадают с политико-административными границами, хотя в океане подобные разграничения особенно условны. Вместе с тем в извечной жизни океана, например в его островных рифовых сообществах, перед человеком постоянно предстают примеры стабильного существования и развития без нарушения экологического баланса в здоровой природной среде мириадов организмов на всех уровнях организации живой материи — от млекопитающих до микроорганизмов. Очевидно, изучение таких примеров и подражание им, комплексные целевые программы природопользования являются наиболее перспективным путем в решении проблем взаимоотношений человека и природы.

Разработка в СССР такого рода региональной программы «Дальний Восток» (с ней познакомил собравшихся академик Н. А. Шило) привлекла особое внимание зарубежных ученых, в частности, в связи с моделированием социальных, экономических и экологических процессов в развивающихся странах Тихого океана, с конкретными экологическими и демографическими, энергетическими и продовольственными ситуациями на его берегах. В этой связи речь шла и о такой форме научного — междисциплинарного и международного — сотрудничества, которая позволила бы выработать в будущем своего рода кодекс наиболее правильного поведения людей в океане, ибо угроза глобального загрязнения и деградации природы океана является едва ли не самой животрепещущей после угрозы новой мировой войны.

Мировой океан — колыбель жизни на нашей планете, арена многих важных событий ее истории. Но ныне и Великий океан, который уже почти пять веков называется Тихим, все в большей мере подвергается воздействию негативных процессов, развивающихся в современном мире. Анализируя их, ученые СССР, США, Канады, Японии, Филиппин и других стран, история и современная жизнь которых неразрывно связаны с Тихим океаном, в плодотворных дискуссиях объединяли свои усилия в поисках конкретных путей спасения океана от загрязнения и отравления.

Сохранять оптимальные условия обитания в его акватории, не только расходовать ее ресурсы, но и своевременно их воспроизводить — такого рода безотлагательные меры могут стать эффективными лишь благодаря коллективному разуму, преодолевшему узкоспециализированные научные, национальные, религиозные и все другие различия. Ведь только живой океан может обеспечить благополучие человечества, к каким бы рекордным достижениям на суше, под лось. Поэтому сейчас такая задача отвечает жизненно важным интересам всех государств мира.

Взаимозависимость судеб всех народов в современном мире предполагает нераздельность таких понятий, как мир, безопасность, сотрудничество в научном и культурном развитии. Способность каждой национальной культуры воспринять требования современности, органично соединить их с выработанной веками самобытностью, со всей системой традиций — существенный показатель жизненности данной культуры. А ныне, по общему мнению собравшихся в Находке ученых, решение проблем истории, археологии, этнографии, антропологии, экологии, экономики, географии региона в конечном счете связано с главной проблемой современного человечества — сохранением и упрочением мира.

Завершая работу семинара, его участники приняли специальное Заявление, в котором выразили убеждение, что широкое плодотворное сотрудничество в бассейне Тихого океана должно осуществляться для предотвращения термоядерной войны, разоружения, решения энергетической, продовольственной проблем, охраны окружающей среды. Было подчеркнуто, что углубление взаимо-

действия национальных культур, укрепление взаимного доверия в регионе должны сохранить и приумножить в 80-е годы достижения политики разрядки.

Антивоенное движение в капиталистических странах Европы

Группа специалистов Института всеобщей истории АН СССР подготовила коллективную монографию «История антивоенного движения в капиталистических странах Европы (1945—1976)», выпущенную издательством «Наука» в 1981 г. под редакцией доктора исторических наук, профессора И. И. Жигалова.

Используя последние достижения отечественной и зарубежной историографической науки, авторы провели анализ по трем направлениям: теоретико-методологическому, конкретно-историческому и историографическому. В книге освещаются такие актуальные проблемы, как причины и главные источники военной опасности, определение наиболее действенных средств борьбы с ней, выявление роли рабочего класса как ведущей силы антивоенного движения, значение и место марксистско-ленинских партий в этом движении, взаимосвязь борьбы за мир с борьбой за социальный прогресс. Показана деятельность прогрессивных профсоюзных, женских, студенческих и других организаций. Значительное внимание уделено роли СССР в борьбе за углубление процесса разрядки, придание ей всемирного характера, упрочение международной безопасности.

Учитывая то обстоятельство, что в настоящее время особенно наглядно обнаруживают себя такие закономерности исторического развития, как возрастание роли народных масс в общественно-политической жизни, усиление влияния общественности на международную жизнь и мировую политику, авторы много внимания посвятили вопросу о роли народных масс в истории, который был и остается предметом ожесточенной идеологической борьбы.

Наряду с общими проблемами, объединяющими национальные отряды борцов за мир во Всемирное движение сторонников мира, в монографии исследуются и специфические стороны деятельности антивоенных организаций в каждой из рассматриваемых стран.

В первой главе монографии показано формирование и сложная эволюция антивоенного движения в Великобритании, составляющего ныне органическую часть Всемирного движения в защиту мира. Появление в стране сознательного сопротивления военным авантюрам и планам создало политическое явление, неизвестное досель Великобритании. Антивоенные выступления превратились в постоянный атрибут английской действительности. Выявлена важная особенность антивоенного движения в Англии, которая состоит в том, что оно не ограничивается борьбой с собственно военной опасностью, но охватывает многие вопросы мировой политики, занимает определенную позицию по узловым проблемам международной жизни. Внутриполитическая борьба по проблемам войны и мира вызвала к жизни весьма специфические формирования и явления, формы и методы борьбы, получившие международную известность и признание. Для британского движения в защиту мира в послевоенные годы характерны переход от моральных форм протеста к политической борьбе, растущее стремление общественности выработать единую платформу действий, объединить свои усилия, связать борьбу за мир с решением социально-экономических проблем.

Характер и особенности антивоенного движения во Франции освещены во второй главе монографии. Франция была первой страной, где сложилось после второй мировой войны организованное движение сторонников мира, которое основывалось на республиканских и демократических традициях французского народа. В этой главе нашли отражение все наиболее крупные антивоенные кампании, организованные движением сторонников мира более чем за четверть века. Особенно большой размах приобрело во Франции движение против колониальных войн, ставшее важной составной частью борьбы за мир. Политика «холодной войны» и агрессия против народов Вьетнама и Алжира, с одной стороны, и борьба за сохранение мира в Европе и против колониальных войн, с другой — таковы две противоборствующие тенденции политического и общественного развития во Франции после второй мировой войны.

В третьей главе рассматривается борьба трудящихся ФРГ против перевооружения и реваншизма в Западной Германии. Их выступления не остановили милитаризацию страны, но они ее затормозили. На всех этапах милитаризации западногерманские правящие круги должны были учитывать антивоенные настроения населения. Обстоятельный анализ деятельности всех отрядов антивоенного движения в ФРГ приводит к выводу, что оно носило ограниченный характер, не выходило за узкие рамки реформистских требований. Движению недостает единства в понимании ключевых проблем современности и как следствие этого — подлинного единства действий всех его отрядов.

Четвертая глава посвящена проблеме войны и мира в политической жизни Италии. В ней рассматриваются основные вехи антивоенного движения в Италии после второй мировой войны. Прежде всего это 1949 г. — год возникновения движения сторонников мира и кампании, организованной им, за запрещение атомной бомбы. Важным этапом движения была и борьба против войны в Корее в начале 50-х годов, и борьба за углубление разрядки международной напряженности во второй половине 50-х годов, борьба против войны во Вьетнаме и за европейскую безопасность в первой половине 70-х годов. Своего рода сквозным направлением движения сторонников мира в Италии — по крайней мере до конца 60-х годов — была борьба против участия Италии в Североатлантическом блоке. Даны исчерпывающие характеристики различным политическим партиям этой страны.

В пятой главе освещаются проблемы борьбы за мир в Греции, Австрии и странах Бенилюкса. Подчеркивается, что специфика развития этих стран в послевоенные годы наложила отпечаток на характер антивоенного движения. Для прогрессивных партий и общественных организаций Греции, боровшихся за мир в сложных условиях гражданской войны 1946—1949 гг. и диктатуры фашистского типа 1967—1974 гг., основная проблема заключалась в срыве планов реакции, в создании условий для демократического и мирного развития страны, в выводе иностранных войск.

Главной задачей миролюбивых сил Австрии в первое послевоенное десятилетие являлась борьба против империалистических замыслов США, в которых Австрии отводилась роль «бастиона», «альпийской крепости», «оплота против Востока». После заключения государственного договора и принятия закона о постоянном нейтралитете (1955 г.) перед австрийскими борцами за мир встала новая задача — отражать опасные атаки врагов нейтралитета и выступать за его строгое соблюдение.

На примере стран Бенилюкса наглядно прослеживается борьба центробежных и центростремительных сил в рамках Североатлантического договора.

Наконец шестая глава сборника посвящена проблемам сохранения мира в странах Северной Европы: Швеции, Финляндии, Дании. Авторы отмечают характерную особенность движения сторонников мира в этих странах — опора на сильные пацифистские настроения. Страны Северной Европы дали ценный опыт в развитии массового антивоенного движения, получивший международное признание. В то же время их миролюбивые силы решали и специфические проблемы, обусловленные национальными, географическими, экономическими и другими особенностями их послевоенного развития.

Во введении к монографии указывается, что современный этап движения сторонников мира изучен многими специалистами, поэтому авторы ограничили свое исследование 1976 г.,

когда состоялось совещание коммунистов Европы в Берлине. Это совещание — важная веха в послевоенной истории европейского рабочего движения; значительное внимание на нем было уделено проблеме защиты мира. Наряду с европейским Совещанием в Хельсинки в 1975 г. оно знаменует собой определенный качественный рубеж в развитии антивоенного движения в западноевропейских странах.

Вместе с тем в заключении дан обзор крупных международных акций Всемирного движения сторонников мира вплоть до 1980 г. и краткий анализ основных проблем и направлений антивоенного движения в капиталистических странах Европы, что позволяет перекинуть мост исследования в 80-е годы. Авторы подчеркивают, что круг проблем, обсуждаемых в рамках всемирного движения в защиту мира, расширяется с каждым годом. Все чаще актуальные политические вопросы рассматриваются в связи с глобальными социально-экономическими проблемами, стоящими перед человечеством. Однако антивоенная направленность по-прежнему является магистральной линией развития движения в защиту мира, его основной и главной целью.

Об историографии Канады

Сборник статей «Проблемы историографии Канады» (М., Наука, 1981, под редакцией доктора исторических наук В. А. Тишкова) — первая в СССР комплексная работа о состоянии и развитии канадской исторической науки. На основе критического анализа трудов ведущих ученых Канады, представляющих разные школы и направления, авторы сборника с марксистско-ленинских позиций показали пути развития двух основных течений буржуазной канадской историографии — англоязычной и франкоязычной. Наличие двух самостоятельных историографий в исторической науке Канады с их особой интерпретацией ключевых проблем страны связано с национальной структурой государства, т. е. с существованием двух основных наций — англоканадцев и франкоканадцев. Последние живут преимущественно в провинции Квебек. Франкоканадская историография разрабатывала главным образом те вопросы, которые так или иначе были связаны с их провинцией. В сборнике рассмотрены также становление и упрочение нового, прогрессивного и марксистского направления, объединившего и англоканадских, и франкоканадских историков, и его влияние на канадскую историографию в целом.

Доминирующее место в сборнике отводится трудам, вышедшим в 50—60-годы, когда в Канаде активизировался интерес к прошлому, расширился круг интересов канадских историков, стал более интенсивным поиск ответов на волнующие их вопросы, изменился сам подход к трактовке исторических событий и явлений.

Большое внимание уделено анализу литературы, посвященной колониальной политике Англии и Франции в Канаде (с XVI до середины XVIII в. Канада была колонией Франции, а с середины XVIII до середины XIX в. — Англии), экономическому развитию и освободительной борьбе канадского народа в колониальный период.

В статье «Канада в период французского колониального господства» прослеживается путь развития историографии по данному вопросу: от католического течения и французской имперской школы XIX в., для которых были характерны описательная манера изложения и прославление роли католической церкви и ее миссионеров в жизни колонистов Новой Франции до либерального и мелкобуржуазного демократического направления в современной историографии. С середины XX в. тематика в изучении колониального периода значительно расширилась, появились серьезные коллективные труды, наметился отход от упрощенных концепций в трактовке ранней истории Канады. Основное внимание франкоканадских и англоканадских историков теперь направлено на углубленную разработку социально-экономических аспектов истории Канады.

Статья «Канада в период английского колониального господства» посвящена детальному и критическому анализу трудов канадских авторов с акцентом на роли английского завоевания Канады и восстания 1837 г. Британская, или имперская, школа конституционной истории, которая вплоть до первой мировой войны занимала ведущее положение в англоязычной историографии, рассматривая Канаду как страну, основанную англосаксонскими иммигрантами и сохранившую английские политические институты и традиции, и поэтому ее будущее связывали с судьбой Великобритании. Исходя из этой предпосылки представители имперской школы и ее последователи оценивают факт английского завоевания не как покорение французской колонии, а как освобождение канадцев от ига французской метрополии, в результате которого они получили «рациональную и упорядоченную» свободу. В противоположность этой точке зрения, франкоязычная историография, развиваясь в рамках идеологии буржуазного франкоканадского национализма, трактовала историю французской Канады в период английского завоевания в духе «выживания» французской нации. Поэтому и национально-освободительное движение 1837 г. франкоканадские историки сводили к конфликту между двумя нациями. Отстаивая концепцию бесконфликтного пути развития страны, англоязычная историография не могла полностью игнорировать восстание 1837 г. Однако ее трактовка сводилась к характеристике восстания как случайного эпизода, в основе которого лежали националистические и расовые факторы. Признание факта народной борьбы против социального и национального угнетения не вписывалось в эволюционную концепцию буржуазных авторов.

В обеих статьях дается марксистская интерпретация раннего периода развития Канады, в частности, приводится взгляд марксистов-историков на события 1837 г. как на национально-демократическую революцию.

Особое внимание в сборнике уделено работам по социальным проблемам. На основе анализа исследований ряда ученых советские авторы показывают, что под влиянием углубления общего кризиса капитализма и обострения классовых и национальных противоречий в стране канадская историография в середине XX в. делает заметный поворот от традиционной буржуазной интерпретации истории к разработке вопросов рабочего движения и социальных выступлений протеста фермеров.

В статье «Проблемы социальной истории и рабочего движения» подчеркивается, что в работах историков нового направления преимущественное внимание уделяется освещению таких аспектов, как формирование рабочего класса, классовая борьба и

СТО ЛЕТ НАЗАД

ВЕНА. Международная электрическая выставка в Вене. Число экспонатов из Америки и из всех государств Европы обещает быть громадным. Кроме того, на выставке будет много отделов, которые не встречались прежде. Так, помимо павильона, устраиваемого по желанию австрийского Императора, для наблюдения за оттенками цветов различных тканей при электрическом освещении, наиболее крупные венские декораторы и торговцы мебелью намерены строить целый ряд различных помещений, начиная с бальной залы и кончая кухней, чтобы показать выставляемую ими роскошную мебель и декорации при электрическом свете. Гораздо важнее, впрочем, намерение организационной комиссии выставки устроить библиотеку из сочинений об электричестве на всевозможных языках. Понятно, что кабинет для чтения будет освещаться электричеством, причем примут все меры, чтобы свет получался для глаз наиболее удобный — ровный и мягкий.

«Электричество»

рабочие организации, условия жизни «простого человека». Социальные и рабочие проблемы привлекли внимание и представителей буржуазно-либерального направления историографии, которые, однако, в своих работах с позиций буржуазного реформизма преуменьшают революционную сущность борьбы рабочего класса, проводят идею социальной и классовой гармонии.

В статье рассматриваются труды историков, близких по своим идеологическим взглядам к социал-демократической партии Канады. Их интересы сосредоточены на освещении политических выступлений рабочего класса и истории рабочих и социалистических партий.

Большое внимание уделяется марксистской историографии рабочего и коммунистического движения Канады, которая в условиях острой идеологической борьбы оказывает положительное влияние на теоретическую и научную разработку всех этих проблем канадской историографией в целом.

В статье «Историография фермерского движения» выделяются два основных периода в становлении историографии данного вопроса. До второй мировой войны преобладала историография буржуазно-либерального направления, которая изучала экономико-географические и чисто экономические проблемы сельскохозяйственного Запада Канады. При этом лишь попутно освещалась экономическая и политическая активность фермеров. После 1945 г. все больший вес приобретала социал-демократическая историография, и главными темами становились аграрные движения протеста, различные политические течения среди фермерства. Работы этого направления написаны с позиции социал-реформизма и отражают мелкобуржуазную идеологию их авторов.

Достаточно полно представлена в сборнике литература по национальному вопросу. Статья «Иммиграция и национальные отношения в истории Канады» посвящена литературе англоканадских историков, в развитии которой прослеживаются три этапа. До 1945 г. буржуазная историография освещала главным образом этнический состав населения страны без учета ее социально-экономического положения и влияние на него иммиграции. Литература 50-х годов свидетельствует о расширении интересов историков. Теперь главными темами их исследований являются иммиграционная политика правительства, адаптация иммигрантов и их место в канадском обществе. В 60—70-е годы характерной особенностью литературы стал комплексный подход к освещению роли иммиграции в развитии Канады, при этом главную цель буржуазная историография видела в восхвалении системы национальных отношений, сложившейся в Канаде.

Особое место в статье отводится марксистской историографии, в которой ведется разработка вопросов теории нации и национальных отношений.

Статья «Квебекская проблема в послевоенной буржуазной историографии» посвящена литературе, рассматривающей социально-экономическое и политическое развитие провинции Квебек после второй мировой войны. В 50—70-е годы, когда в провинции начался бурный промышленный рост, сопровождавшийся социальной трансформацией франкоканадского общества, национальная проблема Квебека приобрела острую актуальность в общественно-политической жизни всей страны. Это, в частности, способствовало тому, что проблема Квебека заняла одно из центральных мест в современной канадской историографии в целом. Интересы буржуазных ученых сосредоточены в области таких вопросов, как генезис национального вопроса в Канаде, причины экономической отсталости Квебека и социально-экономическое положение франкоканадской общины, рост классового и национального самосознания в Квебеке, соотношение национальных и культурных традиций с современным общественным сознанием франкоканадцев. Такое расширение проблематики свидетельствует об усилении прогрессивных демократических тенденций в историографии. Вместе с тем в статье отмечается, что наряду с новым подходом к национальным вопросам среди буржуазных ученых сохраняется непоследовательный, а нередко традиционный, в духе старых концепций, подход в трактовке тех или иных событий и явлений.

В трудах деятелей Коммунистической партии Канады национальное движение Квебека рассматривается как подлинно народное, демократическое массовое движение, являющееся составной частью общенациональной антимонополистической борьбы трудящихся.

В сборнике детально рассмотрена литература об участии Канады в первой и второй мировых войнах и их влиянии на внутренние процессы страны. Историки Канады стремятся прежде всего осветить военные аспекты данной проблемы и выявить влияние военной конъюнктуры и военного бизнеса на экономическое развитие Канады, оставляя в стороне такие вопросы, как природа и причины империалистических войн и социально-политические изменения канадского общества под их воздействием.

Авторы сборника анализируют историческую литературу, рассматривающую общие вопросы канадо-американских отношений и внутриполитическую борьбу по вопросам внешнеполитического курса страны.

В книге раскрывается трактовка канадской историографией партийно-политической борьбы в стране. Выделяются три главных направления историографии вопроса: 1) буржуазно-либеральное, трактующее политическую историю страны как естественный переход от олигархии колониального периода к буржуазной демократии XX в. Историки этой школы утверждают, что именно либеральная партия — сторонница независимости Канады; 2) консервативное, провозглашающее идею тождества политического устройства Канады и Великобритании; 3) социал-демократическое, которому присущ в известной степени критический и классовый подход в анализе партийной системы Канады и выяснении механизма взаимодействия буржуазных партий с крупным промышленным и финансовым капиталом.

Характеризуя буржуазную историографию Канады послевоенного периода, авторы сборника отмечают возросшее влияние на нее марксистской и прогрессивной литературы, внесшей весомый вклад в постановку и разработку ряда важных проблем. Труды видных деятелей компартии, профсоюзного и демократического движения пробудили интерес среди историков, экономистов и социологов к марксистской методологии и идеям социализма.

Под их влиянием происходит определенное сближение точек зрения по ряду вопросов англоканадских и франкоканадских историков.

В сборнике содержится интересный материал о ряде журналов и научно-исследовательских центров, созданных в Канаде после 1945 г. для разработки социально-политической и исторической проблематики. Ими опубликованы важные документы, до последнего времени остававшиеся вне поля зрения канадских ученых.

Вышедший сборник будет способствовать дальнейшей разработке в советской историографии марксистско-ленинской концепции истории Канады. Он дополнит и расширит представление канадоведов и всех интересующихся историей об общих процессах развития исторической мысли за рубежом.

Эволюция феодализма в России

В последние годы в Советском Союзе и за рубежом значительно возрос интерес к истории России. Поэтому естественно, что книга, написанная ведущими историками страны, сотрудниками Института истории СССР АН СССР докторами исторических наук В. И. Бугановым, А. А. Преображенским и Ю. А. Тихоновым «Эволюция феодализма в России. Социально-экономические проблемы», посвященная важнейшим проблемам феодализма, привлекла самое пристальное внимание. В монографии рассмотрена отечественная история от IX в. до реформы 1861 г.

Книга делится на две части. Первая

охватывает период IX—XVI вв. Складывание государственной территории России, генезис и этническая эволюция русского народа, становление и развитие феодальных отношений на Руси — эти процессы протекали на общем фоне развития экономического базиса и производственных отношений. Поступательное развитие сельского хозяйства определялось совершенствованием орудий земледельческого труда, подбором наиболее испытанных семенных культур и использованием прогрессивных для данного времени навыков агротехники.

Земельная собственность реализовывалась в форме ренты. Ее разновидностями были дань, барщина и оброк. Если первая форма была характерна для раннего периода, то остальные интенсивно развивались с XIV в.

На всем протяжении истории феодальных отношений в России существовали два основных класса — феодалы и крестьяне. И те и другие образовывали несколько групп. Феодалами, кроме крупных светских и духовных вотчинников, были помещики, получившие земельные угодья за службу царю. Существуют различные мнения (и авторы монографии приводят их) о складывании тех или иных групп крестьян. Но в основе они делились на свободных, «черносошных», и несвободных, крепостных, эксплуатируемых непосредственно своим феодалом. Значительно было дифференцировано как в экономическом, так и в правовом отношении и население городов — посадские люди.

В IX—XVI вв. в стране образуются центры ремесла, в конце XV—XVI вв. зарождается и развивается мануфактура. К XVI в. некоторые отрасли ремесла перерастают в товарное производство; активно развивается внутренняя и внешняя торговля.

Эпоха развития феодальных отношений ознаменовалась частыми выступлениями народных масс. Классовая борьба крестьян и городских низов против феодалов и богатого купечества принимала самые разнообразные формы и достигла своего апогея в конце XVI в., накануне грандиозной Крестьянской войны.

Вторая часть книги посвящена основным социально-экономическим проблемам России в XVII — первой половины XIX в. Авторы монографии подробно рассматривают производительные силы общества, взаимоотношения классов, их экономические, социальные и правовые основы.

В этот период главные формы земельной собственности (поместья, вотчины) продолжали быть монополией правящего класса. Этому способствовало превращение поместий, полученных за службу царю, в наследственные вотчины. Реальным выражением экономического взаимодействия помещика с крестьянином была, как уже говорилось, рента в форме оброка и барщины. Перед самой реформой 1861 г. в европейской части России около трети всех помещичьих крестьян находились на барщине.

В XVII — первой половине XIX в. одновременно с увеличением сферы мелкого товарного производства развивается крупное мануфактурное, а в XIX в. — и фабричное производство. Происходит резкая дифференциация и переход от ремесла к мелкому товарному производству.

В монографии четко сформулированы особенности процесса развития мануфактуры: неполный отрыв работника от земледельческих работ, сезонный цикл деятельности ряда отраслей производства, сравнительно медленный его технический прогресс.

Авторы отмечают большое значение торговли в социально-экономической жизни России. Именно через нее осуществлялись непосредственные экономические связи внутри страны и за ее рубежами.

Рассматривая и анализируя ленинское положение о начале создания с XVII в. всероссийского рынка и буржуазных экономических связей, авторы подчеркивают необходимость дальнейшего изучения этого процесса.

В книге рассмотрены основные этапы классовой борьбы в России: бесчисленные крестьянские волнения, бунты работных людей, антифеодальные войны И. Болотникова, С. Разина и Е. Пугачева, героическое выступление декабристов. Только самоотверженная и упорная борьба народных масс привела к смене формаций, к общему социально-экономическому прогрессу России.

Эта монография — первый всеобъемлющий труд по всем основным социально-экономическим проблемам России, значительный вклад в современную историческую науку.

Российская геральдика

Вплоть до начала XX в. занятия геральдикой являлись уделом прежде всего дворян, интересовавшихся происхождением своих родов, или специальных учреждений Российского государства, которым геральдические данные были необходимы для служебных целей. Практические знания в области геральдики накапливались давно, но научный характер занятия ею приобретают только с XVIII в. В следующем столетии и позднее, вплоть до Октября 1917 г., она считалась наукой «дворянской», как и генеалогия. В первые годы и даже десятилетия Советской власти эти научные дисциплины не пользовались большим вниманием. Более того, геральдику до недавнего времени считали «ветхозаветной» наукой. Но в последние десятилетия произошло переосмысление ее целей, выявился аспект геральдического исследования — изучение русского городского герботворчества. Это стало особенно актуальным в связи с усилившимся интересом и вниманием советских и зарубежных ученых к проблеме русского города. Важный ее аспект — определение понятий «геральдика», «герб», «городской герб», раскрытие содержания городского герба как исторического источника, определение истоков возникновения гербовых эмблем и т. д.

Монография кандидата исторических наук Н. А. Соболевой «Российская городская и областная геральдика XVIII—XIX вв.» (М., Наука, 1981) — первое в отечественной историографии исследование на эту тему. Книга охватывает период с момента возникновения в 1722 г. официального учреждения — Герольдмейстер-

СТО ЛЕТ НАЗАД

США. Фотографические кассы. Известные нью-йоркские кассы с электрическими звонками недавно усовершенствованы одним немецким механиком: здесь не только раздается звонок, но с помощью особого приспособления прибор снимает фотографию с покушающегося ограбить кассу.

«Техник»

США. А. Грагам Белль сделал в Американском обществе поощрения науки интересное сообщение о новых индукционных весах для точного определения положения металлических масс в теле человека. Подобная задача, важность которой очевидна, побудила еще со времени нанесения огнестрельной раны президенту Гарфильду начать самые тщательные расследования, которые, однако, не повели тогда к особенно удовлетворительным результатам. Смерть Гарфильда, впрочем, не воспрепятствовала электрикам продолжать свои труды. Грагам Белль в том числе предпринял над индукционными весами, специально приспособленными для вышеозначенной цели, ряд исследований, столь же важных в научном отношении, как и интересных.

«World»

ской конторы, ведавшей созданием гербов, вплоть до 1917 г.

Посвященная гербам, данная работа выходит далеко за пределы этой темы. Исходя из марксистско-ленинской концепции исторического процесса, автор подходит к изучению гербов с классовых позиций. Он показывает, что их составление прямо обслуживало интересы российского дворянства, отражало определенные этапы внутренней политики господствующего класса, истории Российской империи в целом. Вопрос о создании городских гербов автор тесно связывает с политикой самодержавия в отношении городов, значительно изменявшейся в течение XVIII—XIX вв. Широко затронуты вопросы идеологического порядка, духовной жизни и культуры русского общества.

История городского герба в России исследуется в сравнении с общеевропейским процессом городского герботворчества. Анализ отечественной и зарубежной литературы по истории гербов позволил автору заключить, что эволюция городского герба находится в тесной связи с развитием городской организации, следовательно, она обусловлена закономерностями развития той или иной страны.

В основе исследования лежат выявленные автором архивные документы, отражающие деятельность Геральдмейстерской конторы и других центральных учреждений, ведавших составлением гербов. Наряду с неопубликованными источниками использованы публикации различных документов, прежде всего законодательные материалы Полного собрания законов Российской империи. Полноценным источником служат также рисунки гербов, памятники материальной культуры (знамена, ювелирные изделия, печати, наградные знаки, жетоны и т. д.) с изображением эмблем и гербов, их описания и реестры.

Рассматривается вопрос и о статусе городского герба в общественной жизни России XVIII — начала XX в., анализируются изображения всех известных русских дореволюционных городских гербов.

На Руси еще в домонгольский период существовали эмблемы, которые могли бы превратиться в гербы. Однако чужеземное иго и особенности развития феодальных отношений оказали влияние на эволюцию русских городов — они не достигли такой зрелости, как в некоторых странах Западной Европы. Русское городское население в XIV—XV вв. не только не получило привилегированного правового положения, но в результате усиления центральной власти даже потеряло зачатки самоуправления. В последующие два столетия соотношение государственной власти и города в политической жизни страны также было не в пользу города. В этих условиях городские гербы, как символы самоуправления города и свидетельства особых привилегий, не могли иметь распространения.

На основании анализа законодательных документов автор приходит к выводу, что впервые понятие «городской герб» было введено в России в конце XVII в. Вопрос же о широком создании городских гербов возникает в начале 20-х годов XVIII в. Активные действия правительства Петра I по городскому герботворчеству совпали по времени с мероприятиями в области городского устройства. Это позволяет автору рассматривать введение городских гербов как часть петровских преобразований в городском управлении.

В последующие десятилетия XVIII в. городской герб широко используется военным ведомством в качестве отличительного знака воинских подразделений. Он привлекает к себе внимание как обязательный отличительно-правовой знак для новоучрежденных городов. Появление городских эмблем на картах и планах городов, на монетах, на изделиях из драгоценных металлов, на печатях некоторых присутственных мест, почти обязательное внесение пункта о городском гербе во всевозможные анкеты и т. д. отражают утвердившийся в середине XVIII в. «неофициальный» взгляд на город как на особую самостоятельную общественную единицу. Использование городских эмблем таким образом — своеобразная заявка на необходимость признания за городом некоторых прав, в том числе на самоуправление. Это свидетельствует о возрастании значения города в жизни русского общества. Официально оно было признано правительством Екатерины II в последней четверти XVIII в. и нашло отражение в городском законодательстве, где в качестве символа «единого градского общества» выступает городской герб. Правительство Екатерины II учитывало положительную реакцию «общественной самодеятельности» на создание городского символа. В его реформах идея городского герба использовалась для завуалирования феодально-крепостнической сущности городского законодательства.

Территориальное герботворчество Российской империи в XIX — начале XX в. носит ярко выраженный характер государственного мероприятия, проводимого сверху. Н. А. Соболева проследила применение и использование территориальных гербов в этот период и пришла к выводу, что они вошли в систему самых различных знаков, функционирующих в государстве. Однако наметилась переориентировка городской геральдики, произошел как бы отход знака от предмета, который он должен обозначать. Герб уже не «обслуживал» какой-то определенный территориальный пункт, а превратился в один из многочисленных элементов, из которых вырастала вся система разработанных царским правительством мер по укреплению своих идейных позиций. Предназначенный служить символом самоуправления города, его отличительным знаком, свидетельствующим о значимости города в общественной жизни, городской герб не выполнял эту функцию в XIX в.

В монографии детально рассмотрена ранее малоизвестная деятельность ряда государственных учреждений XVIII—XIX вв., имеющих отношение к созданию гербов, приведены многочисленные новые сведения об учреждениях, причастных к городскому герботворчеству (в том числе Академии наук), а также об участии в разработке территориальных эмблем и гербов таких известных историков и государственных деятелей XVIII в., как И. К. Кириллов, В. Е. Адодуров, В. Н. Татищев, М. М. Щербатов.

Редкая по тематике монография сопровождается многочисленными таблицами и альбомом иллюстраций. Ее появление — долгожданное и очень ценное пополнение в отечественную историографию.

Культура древних славян

Исследование академика Б. А. Рыбакова «Язычество древних славян» (М., Наука, 1981) посвящено сложнейшим проблемам истории ранних этапов духовной культуры. Эти проблемы не могут быть решены в рамках этнической истории славян и даже праславян, «обособившихся от других индоевропейских языковых групп... не ранее чем с III—II тысячелетий до н. э.» (с. 96)*. История религиозных представлений праславян и славян древнее их этнической истории. Лишь учитывая элементы духовной культуры первобытного периода истории человечества, можно изучать эти представления.

Используя данные археологии, этнографии, фольклористики, языкознания, автор собрал богатейший материал об язычестве древних славян. Три элемента духовной культуры, бытующих вплоть до наших дней среди русских, украинцев, белоруссов, — ромбический орнамент, изображения небесных оленей и лосей и узор-идеограмма засеянной пашни — ведут, как показал исследователь, соответственно к эпохам верхнего палеолита, мезолита, энеолита. Таким образом, в народной памяти зафиксировались явления, отстоящие от нашего времени на десятки тысячелетий, несмо-

* Здесь и далее в скобках указаны страницы монографии Б. А. Рыбакова «Язычество древних славян». — *Ред.*

тря на то, что «нам очень трудно уловить тот исторический момент, когда исчезает содержание того или иного символа и когда начинается бессознательная традиция, сохранение одной внешней формы без знания смысла изображаемого» (с. 95).

Однако принципиальное значение имеет не столько установление хронологических рубежей сознательной памяти, представленной теми или иными элементами духовной культуры (как ни значимо это для науки), сколько определение исторических (доисторических) эпох, на которые они указывают.

Название исследования «Язычество древних славян» не должно ориентировать интерес читателя на то, что можно назвать собственно историей религии. Монография Б. А. Рыбакова в самом широком смысле посвящена эволюции духовной культуры человечества в условиях доклассового общества, а в более узком, этнически и исторически конкретном смысле — эволюции духовной культуры праславян и славян. Это новаторское исследование как по замыслу, так и по методам решения проблем.

Надо было пройти долгий путь исследовательской работы, предварившей этот труд. Вехи этого пути — «Древняя Русь. Сказания. Былины. Летописи» (1963), «Первые века русской истории» (1964), «Геродотова Скифия» (1979) и другие многочисленные, всегда оригинальные исследования Б. А. Рыбакова.

Основные линии «язычества древних славян» проходят через реконструкцию первобытных воззрений охотников палеолита к воссозданию воззрений первых земледельцев энеолита, а от них к характеристике аграрных культов в «золотой век» энеолита.

Автор рассказывает о праславянах XV—XIII вв. до н. э. и о новой фазе их социально-экономического развития, охватывающей III век до н. э. — V век н. э. (так называемые пшеворская и зарубинецкая культуры), и наконец о славянском мире V—VII вв. Во времена праславянской и раннеславянской культур возникает мифотворчество и формируется пантеон славянских божеств (Велес, Род, Рожаницы, Перун, Макоша, Лады). Исследователь устанавливает иерархию пантеона славянских божеств, а тем самым и монотеистическую ориентированность древнеславянского язычества.

Параллельно развитию славянского мифотворчества и системы религиозных верований претерпевает значительные изменения вся картина мира, в которой представлены напластования духовной культуры разных эпох, и прослеживается — чем ближе к нашей эре, тем явственней — принцип абстрагирующего мышления: нарастающая спиритуализация конкретно-чувственных представлений. Оба эти процесса в язычестве древних славян (напластование представлений и их спиритуализация) создают идеологические предпосылки, обусловившие (в системе социально-экономических, межэтнических, внутри- и внешнеполитических факторов) возможность вовлечения Киевской Руси (в X—XII вв.) в орбиту православно-христианской идеологии и складывания соответствующих церковных институтов.

Важнейшее положение автора состоит в том, что противопоставление христианства язычеству (чему посвящена была церковная проповедь и литература на всем протяжении истории христианства в России и что проникло и в труды многих дореволюционных ученых) является в большой степени условным и относительным. Поддерживаемое прямыми интересами церкви и классами, чье господство церковь санкционировала и освящала, это противопоставление не выдерживает научной критики, поскольку игнорирует «дохристианский монотеизм», уже более или менее характерный для язычества древних славян, и абсолютизирует монотеистичность христианства, являвшегося, как и все мировые религии, более или менее политеистичным.

Исследование Б. А. Рыбакова выявляет конкретные элементы в мировоззрении и культе древнеславянского язычества, которые вобрало христианство и от которых оно так никогда и не освободилось. В сущности, включение языческих элементов в христианскую картину мира, богослужебные циклы, календарь, ритуалы и обряды церкви явилось условием, предваряющим само усвоение народными массами христианства. Конечно, языческие элементы, вобранные христианством, претерпели те или иные модификации.

Культурные процессы, происходившие в течение тысячелетий в Восточной Европе вплоть до возникновения Киевской Руси, имеют много общего с теми, которые развивались в соответствующий период в других регионах мира, и в то же время специфичны. Они составляют часть мирового культурного процесса первобытности и древности.

Исследование Б. А. Рыбакова — не только вклад в отечественную историографию культуры, но и вклад советской школы исследователей культуры в мировую науку. Неоспоримо значение этого труда в деле популяризации научных знаний, призванных освободить сознание верующей части населения от религиозных представлений и выработать у нее научно-материалистические убеждения. Неоспоримо и то, что в народных верованиях отложилась не одна «ложная мудрость», но и вполне рациональные зерна, что они несли в своем русле неповторимые художественные («бессознательно-художественные») ценности, которые, подобно греческому искусству и эпосу, все еще остаются и для нас источником эстетического наслаждения. Критическое, но и уважительное отношение к этому культурному наследию — неотъемлемая черта советской науки.

Пенджикент — среднеазиатские Помпеи

В 1981 г. исполнилось 35 лет с начала работ совместной экспедиции Института археологии АН СССР, Института истории им А. Дониша АН Таджикской ССР и Государственного Эрмитажа на городище древнего Пенджикента. С первого сезона и до своей кончины ее возглавлял член-корреспондент АН СССР А. Ю. Якубовский, затем профессор М. М. Дьяконов, но и он вскоре ушел из жизни. С 1954 г. экспедицией руководит заслуженный деятель науки Таджикской ССР, доктор исторических наук А. М. Беленицкий.

Древний Пенджикет находится на окраине современного таджикского города того же названия. В V—VIII вв. н. э. это был самый восточный из городов Согда — страны, располагавшейся в долине рек Зеравшана и Кашкадарьи.

Длящиеся уже треть столетия рас-

СТО ЛЕТ НАЗАД

ГЕРМАНИЯ. В Саксонии в каменноугольных копях Цаукероде недавно устроена первая электрическая железная дорога под землею. Она перевозит уголь на 700 метров со скоростью 3 метра в секунду. Локомотив весит 1500 килограммов и тянет за собой 10 вагонов с грузом в 300 пудов в каждом. Поезда отправляются непрерывно и действуют отлично.

«Нива»

ФРАНЦИЯ. «Все посредством электричества» — под таким названием недавно во Франции появилась прекрасная книжка; но в ней оказался пробел, который и тщится заполнить некий англичанин своим письмом в редакцию; он пресерьезно предлагает казнить приговоренных к смерти преступников электричеством, вместо того, чтобы вешать их. Это было бы удобнее, гуманнее и дешевле. Последний довод в особенности характерен.

«Техник»

копки привели к целому ряду важных открытий, из которых всемирную известность получили памятники монументального искусства и, прежде всего, настенные росписи. Однако не менее важны и другие открытия, всесторонне характеризующие культуру согдийцев — народа, говорившего на одном из восточноиранских языков.

Слабо освещенный письменными источниками доисламский период истории Средней Азии, завершившийся в VIII в. арабским завоеванием, исследуется многими археологическими экспедициями, ведущими работы в городах и на сельских поселениях. Но раскопки в Пенджикенте существенно отличаются от всех остальных. Дело в том, что здесь идет не просто изучение более или менее важных участков городской территории, а города в целом, развалины которого, по словам А. Ю. Якубовского, оказались своего рода слепком с его общественной структуры. Наиболее полно исследован горизонт, относящийся к первой четверти VIII в. Раскопаны крепостные стены, улицы, базары с лавками и мастерскими, водопроводы, многокомнатные двух- и даже трехэтажные дома богачей и небольшие, но также двухэтажные, жилища рядовых горожан, два храма, цитадель с дворцом правителя, пригородные усадьбы, некрополь. В обнесенном крепостной стеной городе (так называемом шахристане) изучено приблизительно 40% застройки. На небольшой его площади, занимавшей около 13,5 га, что соответствует примерно половине московского Кремля, были возведены монументальные здания из необожженной глины и сырцового кирпича со сводами и сложными деревянными перекрытиями. Улицы со сплошными стенами домов напоминали коридоры, а узкие переулки нередко даже перекрывались сводами, над которыми возвышались верхние этажи с кладовыми или комнатами. В отличие от более ранних и более поздних городов Средней Азии в древнем Пенджикенте не было даже дворов. Высокие парадные залы богатых домов освещались верхним светом. Сводчатые помещения первых этажей имели маленькие окна под самым сводом. Вторые этажи, судя по изображениям на росписях, были светлыми с большими окнами и балконами. Между сводчатыми или колонными расписными лоджиями с входом в богатые дома располагались маленькие лавочки с широко раскрытыми на улицу дверями, в которых шла торговля. Многие из этих лавочек одновременно были мастерскими пекарей, сапожников, ювелиров, кузнецов. Некоторые из мелких торговцев и ремесленников имели дома на основных торговых улицах. Но основные массивы рядовых жилищ обнаружены на окраинах. Лавки и мастерские, примыкавшие к богатым жилищам, не имели проходов в дома. Они, вероятно, сдавались в аренду владельцами обширных домовладений. Некоторым богачам принадлежали небольшие базары. Мастера работали не там, где они жили, а там, где они могли выгоднее сбыть свои изделия.

Население в раннесредневековом Согде состояло из городской знати — землевладельцев и крупных купцов. Как показали раскопки, в городе господствовали товарно-денежные отношения, которые в гораздо меньшей степени проникали в деревню. Из одного согдийского документа известно, что существовала педжикентская городская община, имевшая своих должностных лиц и свои доходы.

Знать в городе была многочисленна, причем ее богатейшие представители по своему образу жизни приближались к владетелю Пенджикента, дворец которого раскопан на цитадели. В то же время все сколько-нибудь зажиточное население города стремилось подражать знати, украшая живописью и резьбой по дереву парадные залы в своих домах.

Росписи в домах дают представление о мировоззрении населения согдийского города. В залах напротив входа помещали изображение божества местной религии — патрона живущей в доме семьи, а около него располагались фигуры молящихся хозяев или их родственников. У каждой семьи был свой божественный покровитель. По сторонам этой ритуальной композиции изображались сцены «царской жизни» (охота или пиры) или же иллюстрации к литературным произведениям, разнообразие которых показывает богатство духовной жизни Согда. Среди них предположительно опознаются эпос о подвигах Рустама, который согдийцы перевели со среднеперсидского языка, и сказание о героях индийской «Махабхараты».

Особенно интересны подробные живописные «пересказы» нескольких местных эпопей, о самом существовании которых до открытия росписей ничего не было известно. Нижний край росписей обычно оформлялся полосой орнамента, а в нескольких залах орнамент заменен рядом небольших панно с сюжетными композициями. Здесь также чаще всего размещались иллюстрации к литературным произведениям. Но жанры этих произведений другие: сказки, басни, возможно, любовная лирика. Скромное место, упрощенное исполнение и мелкий масштаб показывают, что эти жанры считались «низкими» по сравнению с эпосом. Удалось определить целый ряд сюжетов, в том числе басню Эзопа о гусыне, которая несла золотые яйца, притчи знаменитого индийского сборника Панчатантра: о шакале, поссорившем льва и быка; о зайце, заставившем льва броситься на отражение в колодце; о царе обезьян, женщине, баране и слонах; о трех ученых, воскресивших тигра, который потом пожрал всех троих. Как басни Эзопа, так и Панчатантра были переведены на множество языков и относятся к произведениям, которые были особенно любимы средневековыми художниками, но надо отметить, что именно в Пенджикенте найдены древнейшие в мире иллюстрации к обоим сборникам. Можно назвать также ряд сюжетов волшебных сказок, фаблио, даже анекдотов, в частности прототип басни И. А. Крылова «Слон и Моська».

Письменные документы, найденные при раскопках, в основном краткие и отрывочные. Однако среди них имеются тексты на шести языках, что свидетельствует о широте культурных связей Согда.

Богатые и разносторонние сведения о согдийской экономике, общественной жизни и культуре, добытые в Пенджикенте, составляют сейчас основу наших знаний о Средней Азии накануне исламизации.

Петроглифы Монголии

С 1949 г. на территории Монгольской Народной Республики работала совместная советско-монгольская экспедиция под руководством академика А. П. Окладникова*. Особое внимание исследователь уделял наскальным рисункам, которые к настоящему времени составили большую и представительную серию. Им были открыты и исследованы наскальные рисунки и писаницы в ряде районов Сибири, нередко труднодоступных. В результате опубликовано 15 монографий по этому вопросу, в научный оборот вошли памятники первобытного искусства из бассейнов Лены, Амура, Алдана, Олёкмы, Байкала, Центральной Азии. В последнее время значительно усилился интерес к наскальным рисункам и древнему искусству вообще. Совершенно очевидно, что немалую роль в этом сыграли многолетние работы А. П. Окладникова в Сибири, его неутомимые поиски и открытия, разработанные им методы изучения первобытного искусства.

В 1981 г. ленинградское отделение издательства «Наука» выпустило его монографию «Петроглифы Монголии», в которую включены рисунки из 46 местонахождений. Задача публикации — прежде всего точно воспроизвести рисунки, выполненные на

---

* А. П. Окладников дважды выступал в ежегоднике «Наука и человечество» — в 1969 г. («Новые находки археологов») и в 1977 г. («Древности Сибири: петроглифы, орнаменты мифы»). В этих статьях восстанавливается забытая, по-своему яркая и богатая событиями история народов, которые считались «неисторическими». — *Ред.*

камне, нередко покрытые натеками или лишайниками, нуждающиеся в расчистке. Их копирование — трудоемкая работа, так как поверхность скал и валунов подвергается разрушению. В связи с этим А. П. Окладников пишет, что его сотрудники, участвовавшие в работе экспедиции, никогда не расставались с калькой и мелом, чтобы сразу фиксировать обнаруженные рисунки. Наскальные рисунки представлены в книге на многочисленных таблицах и фотографиях с натуры, они воспроизведены согласно их расположению на плоскостях отдельных камней и на скалистых выходах. Таблицы сопровождает подробное описание групп изображений и отдельных фигур, указывается степень сохранности.

Наиболее сложно оказалось выделить хронологические группы рисунков, классифицировать их по стилю и сюжетам, а также выяснить их культурную принадлежность. А. П. Окладников выделяет по технике выполнения три группы рисунков — нанесенные красной краской, выбивкой на камне и резные или линейные.

Красочные рисунки сравнительно немногочисленны. На многих из них повторяются определенные сюжеты — оградки с овальными или круглыми пятнами внутри, изображения птиц с загнутыми клювами и танцующие антропоморфные фигурки, иногда помещенные в оградки, но чаще рядом с ними. Последние относят к шаманским, так как рядом с ними часто встречаются изображения, похожие на бубны. Среди красочных изображений животных есть фигуры лошадей, хищников, похожих на барсов и кабанов. Отдельную подгруппу составляют знаковые рисунки: косые кресты, иногда в сочетании с изображениями животных, разнообразные фигуры, тамги, которые могли быть символами единства древних родов и племен, как это показывают этнографические параллели. А. П. Окладников считал, что некоторые знаковые изображения имели символическое значение, например, косой крест обозначал Вселенную или ее часть, четыре конца света. Древнейшие красочные рисунки представлены росписями в пещере Хойт-Ценкер-Агуй, они созданы еще в палеолите. Остальные датируются неолитом, бронзовым, железным веками и началом I тысячелетия до нашей эры.

Среди выбитых на камне рисунков, составляющих основную часть петроглифов Монголии, выделяются две сюжетные группы. К одной относятся так называемые «скифские олени». Характерной чертой этих изображений считают огромные ветвистые рога, вытянутые вдоль всей спины. Они встречаются вместе с другими животными — козлами, лошадьми, редко — с антропоморфными фигурами. Изображения «скифских оленей» большинство исследователей связывает с мифологией древнего населения, в которой олень-солнце — один из главных героев космической стихии.

Вторую группу выбитых петроглифов составляют олени, выполненные в более реалистическом стиле, а также изображения козлов, лошадей, быков, верблюдов. Встречаются изображения хищников, в том числе тщательно выполненная фигура снежного барса — ирбиса. Представляют интерес сцены охоты, где козлов преследуют волки или собаки. Довольно часто изображались змеи, которые имеют вид волнистых переплетенных жгутов, а также птицы и антропоморфные фигуры. Выбитые петроглифы с оленями «скифского» типа датируются второй половиной II тысячелетия до н. э. Остальные названные рисунки, по мнению А. П. Окладникова, оставлены первобытными охотниками степей и пустынь, они предшествуют изображениям «скифских оленей».

И наконец, линейные резные рисунки, сильно геометризированные, отнесены к позднему средневековью. Самые поздние наскальные изображения несут черты буддизма и относятся к XVI—XVIII вв.

Серию опубликованных наскальных рисунков Монголии дополнила еще одна книга А. П. Окладникова — «Петроглифы Чулутын-Гола (Монголия)», вышедшая в Новосибирске в 1981 г. Открытые иркутским геологом П. В. Ковалем, эти рисунки в 1978 г.. были обследованы советско-монгольской экспедицией. При этом А. П. Окладниковым в бассейне реки Чулутын-Гол были обнаружены новые рисунки, в том числе выполненные красной краской. Они изданы в виде альбома таблиц, соответствующих размещению фигур на камнях, а также типологических, по сюжетам, где представлены такие животные, как быки, лошади, козлы, бараны, олени, лоси.

Представляют интерес композиции животных с антропоморфными фигурами и сцены охоты хищников на животных. В книге приводятся дневниковые записи автора, в последней ее главе дается общая характеристика сюжетов и их интерпретация с привлечением этнографических наблюдений и мифов.

По мысли А. П. Окладникова, полное и исчерпывающее издание материалов по наскальным рисункам является основной задачей сегодняшнего дня, проблемы же, связанные с выяснением их настоящего смысла и назначения, остаются для будущего.

Раннеземледельческие поселения Северной Месопотамии

Так называется книга докторов исторических наук Р. М. Мунчаева и Н. Я. Мерперта, вышедшая в 1981 г. в издательстве «Наука».

В истории развития человечества переход от присваивающего хозяйства к производящему произошел примерно 10 тысяч лет назад. Это событие некоторые исследователи называют «неолитической революцией». Главные направления производящей экономики — земледелие и скотоводство. Их возникновение и развитие способствовало резкому росту численности населения. Происходило усовершенствование самого производства и орудий труда, закономерностью стали оседлые и нередко укрепленные поселения, увеличился рост прибавочного продукта.

Основные центры земледелия и скотоводства впервые возникли на Ближнем Востоке, что было установлено еще замечательным советским ученым — академиком Н. И. Вавиловым. Один из них — Северная Месопотамия. Здесь, в северо-западной части современного Ирака, более 10 лет проводит раскопки Иракская археологическая экспедиция, которой руководит Р. М. Мунчаев. В результате открыты и исследованы неизвестная до того древнеземледельческая культура Тель-Сотто и замечательное укрепленное поселение докерамического периода Тель-Магзалия, датированное VIII—VII тысячелетиями до н. э. Раскопки произведены на поселениях Ярым-тепе I и II, где получены новые материалы по известным ранее в Северной Месопотамии, но малоизученным хассунской и халафской культурам. Значительное расширение источниковедческой базы позволяет говорить о новом качественном уровне в исследовании этих раннеземледельческих культур.

Хассунская культура (VII—VI тысячелетия до нашей эры) изучалась на поселении Ярым-тепе I. Здесь раскопаны остатки жилых сооружений из сырцового кирпича, имеющих прямоугольную форму, большей частью многокомнатных. В жилищах и около них обнаружены печи разных форм, размеров и степени сложности. Круглые и прямоугольные печи со сводами возникли в культурах более ранних, чем хассунская, их продолжали строить и позже. Большие печи со сложным устройством предназначались для обжига керамики и располагались вне домов. Печи для выпечки хлеба и обогрева жилищ были меньшего размера и проще по устройству, в ряде случаев очаги помещались в больших глиняных сосудах.

В культурном слое поселения Ярым-тепе I обнаружено 45 погребений. Умершие лежали в скорченной позе на боку или изредка на спине. Детей хоронили в больших сосудах или накрывали большими их обломками. Детские погребения помещались под углами и стенами домов, под полами и очагами. Сопровождающий инвентарь встречается редко. Среди

общего числа погребений преобладают детские. Предполагают, что обряд погребения был связан с особым ритуалом во время закладки сооружений. Немногочисленные погребения взрослых тоже были ритуальными; обнаружены расчлененные скелеты. Аналогичный обряд погребения известен на Ближнем Востоке со времени существования докерамического Иерихона и имеет древнюю традицию.

Халафская культура пришла на смену хассунской и явилась новым этапом культурно-исторического развития раннеземледельческого населения Северной Месопотамии. Халафская культура датируется V тысячелетием до н. э. и охватывает значительную территорию, включающую северные районы современного Ирака и Сирии, а также юго-восточную Турцию. Известен ряд поселений этой культуры с остатками сооружений и своеобразной расписной керамикой. Одно из наиболее исследованных поселений — Ярым-тепе II. Его постройки сложены из глиняных пластов-блоков. Жилища только круглой формы, однокомнатные типа тóлоса. Встречаются среди них и куполообразные, а также с прямыми стенами и плоским или коническим перекрытием. При сооружении жилищ совершался определенный ритуал. Об этом свидетельствуют найденные под полом одного из жилищ разбитый глиняный сосуд, рифленый и с замечательной росписью, а также миниатюрные каменные наконечники стрел и другие орудия.

В поздних слоях поселения обнаружены круглые жилища с прямоугольными хозяйственными пристройками. Между домами размещались печи нескольких типов: большие круглые типа тануры, печи-мангалы, наконец сложные печи для обжига керамики, в которых температура могла достигать 1000 градусов. Круглые дома Ярым-тепе II говорят об изменении архитектурной традиции со времени предшествующей хассунской культуры.

Большой интерес представляют погребения и культовые объекты поселения Ярым-тепе II. К ним относятся очажные сооружения, заваленные камнями, и разбитые сосуды, в том числе уникальный зооморфный и расписной антропоморфный — флакон в виде женской фигуры, а также алебастровая чашечка, каменная печать с резным узором, обломки простой глиняной чаши, найденные вместе с остатками кострища в специальной яме.

Среди халафских захоронений выделяются трупоположения, трупосожжения и захоронения черепов. Последний вариант погребального обряда до раскопок на Ярым-тепе II в халафской культуре известен не был. Позже два захоронения черепов в сосудах были найдены на поселении Тель-Арпачия. Все эти сведения говорят о развитом и сложном погребальном обряде и соответственно сложной системе идеологических представлений населения халафской культуры.

Изучение раннеземледельческих хассунской и халафской культур Северной Месопотамии имеет большое значение для первобытной археологии Ближнего Востока и для решения ряда проблем отечественной науки. Дело в том, что на территории нашей страны древнейшие центры земледелия возникли на юге Средней Азии, на Южном Кавказе и в Северо-Западном Причерноморье, причем среднеазиатский и кавказский были непосредственно связаны с Ближним Востоком и находились под его влиянием. Об этом свидетельствует, например, расписная керамика, обнаруженная в нахичеванском Кюль-тепе I — поселении древнейшей земледельческой культуры Закавказья.

Исследователи обращают внимание и на тот факт, что на поселениях Южного Кавказа, датируемых V—IV тысячелетиями до н. э., обнаружены круглые дома из сырцового кирпича. Как уже говорилось, круглые жилые постройки типа толосов характерны для поселений халафской культуры, но неизвестны в предшествующей хассунской культуре. Не решено окончательно, где впервые возникли постройки этого типа, но во всяком случае они указывают на связь населения двух раннеземледельческих регионов, возникшую не позднее V тысячелетия до н. э.

Сотрудничество в изучении первобытности

Стремительный рост новых данных о первобытном прошлом человечества, заставляющих пересматривать порой довно устоявшиеся, «хрестоматийные» представления о жизни наших далеких предков в каменном веке, о появлении человека на Земле, об истоках культуры и общества, во многом является результатом плодотворного сотрудничества ученых многих стран мира — представителей целого ряда гуманитарных и естественных наук. Одна из форм такого сотрудничества — двухлетние совместные советско-французские исследования по теме «Динамика взаимодействия между естественной средой и доисторическими обществами». Группу советских ученых возглавляет академик И. П. Герасимов, который сделал сообщение о проделанной работе на заседании Президиума АН СССР в 1981 г.

В центре внимания археологов, антропологов, палеонтологов, геологов, палеогеографов, палеоботаников и специалистов ряда других научных областей были древнейшие свидетельства о появлении людей в Европе и об условиях их обитания.

Необходимо подчеркнуть особый характер такого рода научных контактов двух стран. Еще в прошлом веке Франция стала признанным лидером в области изучения палеолита: именно на ее территории были открыты наиболее многочисленные, и в том числе ставшие классическими или эталонными, памятники древнекаменного века; от названий французских местонахождений происходят многие термины, которыми ныне археологи всего мира пользуются для характеристики хронологических подразделений палеолита, технологических особенностей изготовления каменных орудий и т. п. На территории СССР лишь в 30-е годы нашего века открыты первые археологические свидетельства обитания человека неандертальского типа (палеоантропа) и его предшественников (архантропов). Последующие интенсивные поиски позволили обнаружить большое количество такого рода памятников, причем особый интерес представляет в этом отношении район Кавказа, где археологам известны уже четыре крупные стоянки древнейших людей в пещерах с непотревоженными культурными слоями. Исключительна ценность таких редчайших памятников первобытности; достаточно сказать, что они единичны и во Франции, в других же странах или районах, где ведутся интенсивные многолетние их поиски — Турции, Италии, Палестине, — имеется лишь по одной пещере такого «класса». Эти памятники не только вызывают интерес ученых всего мира, но одновременно и ставят перед ними сложнейшие вопросы, связанные и с методикой раскопок, и со способами интерпретации полученных материалов, и с сохранением находок.

Опыт, накопленный в палеолитоведении как учеными СССР, так и их коллегами во Франции, весьма обширен, а необходимость обмена им не только в виде публикаций или кратких встреч на международных форумах, но и в ходе совместных полевых исследований палеолитических стоянок, интересующих обе стороны, стала настоятельной. Основным методом общей работы советских и французских специалистов стал комплексный анализ добытых материалов по целому спектру показателей: от археологических и антропологических до палеогеографических, палеозоологических, палеоботанических, позволяющих детально реконструировать ландшафты, растительность, климат, животный мир в разные эпохи далекого — даже по геологическим масштабам — прошлого.

Не последнюю роль в развитии таких контактов сыграло еще одно обстоятельство. Первоначальное заселение Европы из древнейшего — африканского — очага антропогенеза происходило, как теперь свидетельствуют многочисленные факты, через восточные и западные «фланги» Европейского континента: Кав-

каз, Балканы, с одной стороны, Гибралтар — с другой. Соответственно древнейшие следы «первых европейцев» выявляются на юге европейской части СССР, в Испании и на юге Франции. При этом особый интерес представляют датировки древнейших следов жизнедеятельности формирующихся людей на территории СССР и Франции, приближающиеся уже к отметке в 1 млн. лет по хорошо согласующимся в целом данным геологических и геофизических (включая палеомагнитные), палеонтологических и археологических способов определения их возраста.

Именно в то время, около 1 млн. лет назад, происходит одна из крупнейших трансформаций, которую порой называют «нижнепалеолитической революцией» во взаимоотношениях формирующихся людей с окружающей природной средой. Начинается периодическое распространение из полярных и горных районов огромных масс материковых льдов и потоков, возрастает амплитуда температурных колебаний при общей тенденции к постепенному похолоданию климата. И как раз в этот момент истории Земли возникшее в ее тропическом поясе и еще не сформировавшееся сообщество людей, отягощенных в своем облике чертами животных предков, начинает неотступное продвижение в умеренные широты, как бы навстречу наступающим ледникам. И именно в этот период архантропы, которых нередко называют также обезьянолюдьми, утрачивают существенную часть звероподобных черт своего внешнего вида, поднимаются на последнюю (неандертальскую) ступень в долгом пути по лестнице эволюции до человека современного типа.

Столкновение двух начал: извечного природного и нарождающегося социального — таково главное содержание этого драматического периода в истории Земли и человечества. Первые плоды объединенных усилий советских и французских специалистов позволяют хотя бы частично приоткрыть завесу таинственности над событиями первых сотен тысячелетий в истории освоения Европы первобытными людьми.

Прежде всего обращает на себя внимание неизменная приуроченность древнейших их стоянок к горным массивам. Несомненно, первые европейцы были горцами ввиду важных преимуществ горных ландшафтов в их борьбе за существование. Горные пещеры предоставляли им убежище, служившее для малочисленной группы гоминид как бы базовым лагерем, откуда его обитатели направлялись на охоту (порой устраивая по пути кратковременные стоянки) или на поиски сырья для изготовления каменных орудий (у месторождений кремневых и других пород, подходящих для выделки орудий, нередко образовывалась целая «мастерская», в пределах которой сохранились заготовки орудий, отщепы и сами орудия в разных стадиях производства).

Горы надежнее, чем равнины, обеспечивали сырьем, изобиловали путями и позициями, удобными для выслеживания первобытными охотниками своей добычи, особенно разнообразной и многочисленной здесь благодаря разнообразию растительности на весьма ограниченной территории. Им легче было бороться за существование в горах, чем на равнинах. И они оседали на западе Европы в районе французского г. Ниццы, на востоке — в Закавказье. Жили на довольно большой высоте — до 1600 м (пещера Кударо) и даже 2100 м над уровнем моря (Цонская пещера) — на территории современной Грузии. А в Азыхской пещере (Азербайджан) археологам удалось найти челюсть женщины, одной из древнейших обитательниц Кавказа; в районе Ниццы поистине сенсационным стало открытие черепа ее современницы. Современные антропологические методы позволили точно определить возраст (26 лет), в котором умерла «первая француженка», вошедшая в историю: весьма почтенный возраст по тем временам для гоминид донеандертальского облика, в редких случаях доживавших до 30—40 лет.

Природные условия и периодические изменения в них, связанные прежде всего с динамикой ледниковых процессов, весьма различно сказывались на жизни древнейших обитателей Западного Средиземноморья и Кавказа. Вначале они сходными способами старались бороться с похолоданиями и надвигавшимися ледниками: разводили большие костры, строили искусственные жилища, меняли организацию охотничьего промысла, поскольку менялись и объекты охоты. Так, на юге Франции исчезали теплолюбивые обитатели широколиственных лесов и саванн, появлялись стада диких быков, лошадей, северных оленей, в моменты же максимальных наступлений ледников охотники добывали единственный вид дичи — горных баранов. Соответственно менялись и тактика, и весь характер охоты, менялся бытовой уклад, но первобытные люди все-таки удерживали отвоеванный у природы плацдарм.

Иная ситуация складывалась на Кавказе в условиях более сурового климата. В межледниковые периоды, когда в окрестностях обжитых пещер чередовались леса из дуба, граба, каштана с травянистыми саваннами, охотники добывали медведя, благородного оленя, горного козла. Но наступали ледники, и существование становилось практически невозможным: вслед за отступавшей [illegible] уходили первобытные [illegible] тых мест, чтобы [illegible] через века и периоды потепления

В свою очередь ископаемые люди, как ни малочисленны они тогда были на юге Европы, уже оказывали свое довольно заметное воздействие на окружающую природную среду. Этот «антропогенный фактор» уже на заре первобытной истории имел определенные негативные последствия, которые выражались прежде всего в хищническом отношении к природным ресурсам, в первую очередь к животному миру. Формирующиеся люди убивали больше дичи, чем требовалось им для потребления в данный момент. Красноречивыми тому свидетельствами являются обнаруженные археологами скопления останков сотен медведей в пещере Кударо, зубров — в Ильской стоянке на Кубани, ослов — в гроте Староселье в Крыму. Аналогичные находки известны и на западе Европы.

Анализируя и обобщая всю совокупность имеющейся у них информации, советские и французские исследователи первобытной истории выявили новые грани в сложнейшей проблеме взаимодействия между природной средой и человечеством, начиная с древнейших эталов его становления. Поиски новых путей в разработке этой проблематики специалистами СССР и Франции в дальнейшем предполагается продолжить на серии хронологически более поздних памятников эпохи палеолита на равнинах Восточной и Западной Европы: исследователи идут по путям освоения материка его первопроходцами.

Истоки знания

Когда возникло научное знание о мире? Где искать его истоки? Эти вопросы, волновавшие человечество многие века, становятся особенно актуальными и острыми в условиях современной научно-технической революции, когда воздействие науки на все сферы жизни людей приобрело дотоле невиданные масштабы.

Выдающийся советский минералог, геохимик и историк науки академик В. И. Вернадский полагал, что предпосылки научных знаний как плоды действия совокупной человеческой мысли созданы не только европейцами, но и коренным населением всех других частей света. Вместе с общим резким удревнением человеческой культуры ее исследователи удревляют и первые проявления научной мысли на нашей планете. История человечества и его научные искания — это единый процесс. При этом в первобытном прошлом человечество приходило к великим открытиям, имевшим [illegible] в чем-

работа X Международного конгресса по первобытной истории (Мехико, октябрь 1981). Особое внимание на конгрессе было уделено искусству палеолита. Прогресс в этой области историко-археологических исследований, пожалуй, особенно разителен.

Еще недавно в учебниках можно было прочесть, что находки памятников палеолитического искусства характерны лишь для территории Европы, прежде всего ее юго-запада (Франция, Испания, Италия). Поистине сенсационными стали открытия художественных изделий палеолитических охотников в Сибири, затем в Афганистане, Турции, Корее... Сегодня карта Евразии уже недостаточна для регистрации таких находок: нужна карта мира, ибо интересные открытия сделаны в Австралии, Африке, Америке. Палеолитическое художественное творчество предстает перед учеными как глобальное явление, а не уникальное достижение небольшой группы особо одаренных охотников палеолита в одном из районов Европы. Впрочем, речь идет уже не только о художественном творчестве, но и о связанных с ним элементах рациональных знаний.

Всего лишь век отделяет нас от дискуссий о самой возможности произносить слово «искусство» применительно к охотникам на мамонтов, пещерным людям, «троглодитам» древнекаменного века. Став неотъемлемой частью современных представлений об истории культуры, палеолитическое искусство поворачивается перед исследователями все новыми своими гранями, включая и те, что естественно ведут к постановке вопроса: какие черты предыстории науки отражает древнейшая эпоха искусства? Результаты исследований, проводившихся в СССР, Франции, Швейцарии, США и других странах, представленных на конгрессе, позволяют наметить общие черты первобытного знания о мире, без которого невозможен был бы расцвет науки в древних цивилизациях Старого и Нового Света.

Зачатки исходных элементов научных знаний были вплетены в практическую деятельность охотников древнекаменного века и, естественно, обращены к самим основам существования первобытной общины: ее воспроизводству и организации промысла дичи как главного источника питания. Отсюда постоянное внимание к динамике процессов в живой природе; чем лучше ориентировалась в них первобытная охотничья община, тем больше у нее было шансов выжить и передать навыки потомкам. Ориентация во времени и в пространстве количественных и качественных «метрах» совместной трудовой деятельности на протяжении тысячелетий первобытного человека помогла ему выработать к концу палеолита (вместе с графикой, цветописью и другими предпосылками художественного творчества) первые понятия о числах, величинах, фигурах, о разных видах животных и ритмических изменениях в природе, связанных с движением Солнца и Луны. Так, хотя и в нерасчлененном виде, трудноотделимом от первобытного искусства, техники, социальных норм и традиций, появляются несомненные зачатки математики, биологии, астрономии у неоантропов позднего палеолита, чтобы уже навсегда остаться фундаментальным достижением человеческой культуры. Различия в формах его выражения в разных частях света, у разных народов позволяют с большей ясностью понимать единое содержание этого общеисторического процесса первоначального генезиса научного знания.

Такой вывод, следующий из анализа всей совокупности археологических материалов, которыми располагает ныне наука, подтверждается новейшими исследованиями в смежных с археологией областях изучения истории мировой культуры. Об этом свидетельствует и коллективный труд «Очерки развития естественнонаучных знаний в древности» (М., Наука, 1981). Его авторы — историки, этнографы, лингвисты, востоковеды, математики, философы — всесторонне и комплексно рассмотрели первоначальный генезис науки от древнекаменного века до античной эпохи, провели специальный анализ особенностей этого процесса в Древнем Египте, Древнем Китае, в древних государствах Месопотамии и Индостана.

Материалы новейших изысканий, изложенные в «Очерках», убедительно подтверждают идеи Вернадского и других мыслителей и историков науки о глубочайшей древности истоков научного знания. Действительно, многие факты свидетельствуют, что еще в первобытных общинах каменного века складывались такие фундаментальные традиции рационального постижения основ мироздания, которые мы еще недавно относили к ряду выдающихся прозрений мудрецов Дальнего Востока или античных философов. Речь идет не только о выработке систем счисления, календарно-астрономических и анатомо-физиологических наблюдениях с определенной системой их фиксации, но — что особенно интересно — о трактовке Вселенной как единого целого, в котором органически связаны земные и небесные явления. К этому вела многотысячелетняя практика организованной коллективной жизнедеятельности первобытных общин, ориентированной на ритмы миграции промысловой дичи, циклы воспроизводства в животном мире и человеческих коллективах, наглядно приуроченные к очевидной, зримой цикличности движения Солнца, Луны, других светил. Пространственная семиричная «модель мира» в первобытности также предельно проста в своей наглядности: четыре стороны горизонта, обозначенные движением Солнца, и три вертикальных деления: верхний небесный мир, средний земной, нижний подземный.

Первичная картина мира предельно реальна и практична, в ее соответствии нуждам первобытного общества нет никакой мистики, но зато здесь есть основа последующего становления астрономии, математики, географии, биологии... Мистика появляется позже. Разложение первобытного общества, переход к земледелию и скотоводству, первые города и земледельческие цивилизации в корне меняют древнее миросозерцание. Интенсивное развитие письменности, вычислений, измерений перестраивают каркас первобытного знания, а отдельные его элементы, оторванные от материальной почвы родовой и общинной жизни древних охотников, кажутся ирреальными, фантастическими символами. Числа «3», «4», «7» окружаются мистикой, былая связь ритмов космоса и живой природы оборачивается астрологией, где судьбы людей кажутся зависящими от Луны, от созвездий Зодиака (обозначенных старой охотничьей символикой). Даже Аристотель порой еще мыслил первобытными категориями и образами, утверждая научную логику наперекор мифам. Когда же мифы предстают в виде логически упорядоченной системы, налицо иная сторона традиций первобытной рациональности знания, изначально укорененной в реальной практической деятельности: без логичности и истинности ее результатов не мог существовать человек, развиваться первобытное общество.

Рациональный характер систематизированных знаний, их логическая последовательность и упорядоченность, конечно, важные, но еще недостаточные признаки для заключения об их научном характере. В конечном счете лишь практическое подтверждение истинности знаний, их соответствия объективной реальности делает их действительно научными. Между тем традиции изучения древних культур долгое время были обращены прежде всего к рассмотрению культов, религии, мифов, в силу чего и генезис науки трактовался как нечто вторичное по отношению к магии, религии. За рубежом особенно широкое распространение имели гипотезы об изначальном мистическом, фантастическом складе человеческого мышления, лишь сравнительно недавно начавшем преобразовываться в рациональное научное мышление. Такого рода иллюзии возникли на почве методического несовершенства изучения архаических культур: создавший их человек изучался практически лишь как индивид, искусственно как бы «изъятый» из обычных социальных и экологических условий его

жизнедеятельности. Тут действительно яркие отличительные свойства сознания «архаического человека» нечем было объяснять, кроме апелляций к мистическим, фантастическим моментам. Современная же наука, возвращая его в реальный контекст конкретных социально-производственных и экологических связей, выявляет соответствующую рациональную направленность (а вовсе не мистичность) его мышления, что свидетельствует о возрастающем влиянии марксизма на направленность исследований первобытной культуры.

В итоге проясняется общая ретроспектива духовной жизни древнего мира. Заложенный первобытным обществом фундамент рациональных знаний (без которых оно не могло бы выжить) стал основой развития в древних цивилизациях науки (прежде всего астрономии и математики), сохранявшей в той или иной мере специфические первобытные черты, как и позднейшие фантастические, религиозно-мифологические системы древнего мира. От практической деятельности к рациональному знанию, от него к науке, а также к иррациональным заблуждениям и к последующему освобождению от них — такое долгий путь человечества к истине.

Реставрация Тшебоньской мадонны

К наиболее выдающимся памятникам чешской готики относится Тшебоньская мадонна, каменная полихромная скульптура периода так называемого «прекрасного стиля» (приблизительно 1400 г.; изучение архивных источников позволит, вероятно, провести датировку с большей точностью).

Статуя многократно реставрировалась, по-видимому, уже с XVI в. Первая большая реставрация, по предположениям ученых, проводилась в начале XVII в. во время ремонта монастырского костела святой Юлии в Тшебони (1607 г.). Все последующие переделки повторяли или обновляли выполненное тогда покрытие.

На лицевой стороне плащ статуи был позолочен, его изнанка высеребрена и перекрыта синей лазурью. Посеребренными были также платье и покрывало. Крапчатая лазурь на платье повторяла гравированный орнамент парчи. Покрывало украшали гравированные серебром горизонтальные полосы, покрытые крапчатой, зеленой и голубой лазурью.

В ходе прежних реставраций мадонны нагромождались отдельные наслоения. На коже — темпера и масляная краска, на драпировке —

Увеличенная фотография вздувшегося полихромного слоя (внизу)

Статуя мадонны и (слева) деталь — младенец-Христос перед реставрацией

Деталь плаща. Видны последние изменения в драпировке, сделанные во второй половине XIX в.

Статуя мадонны, около 1400 г., после реставрации

мастика, белила, новое золочение и серебрение. Они создавали корку, которая обтекала и искажала тонкую и изысканную лепку на каменной готической скульптуре. Позолоченные и посеребренные поверхности плаща, платья, покрывала и волос начинали отпадать. Позолота во многих местах была стерта долговременным вытиранием пыли.

В 1974 г. для реставрации мадонны была привлечена известный художник-реставратор Вера Фромлова. Она окончила Академию изобразительных искусств, а затем в 1950—1953 гг. завершила свое профессиональное образование в Школе художественной и реставрационной техники у профессора Богуслава Сланского, основателя современной чешской школы реставрации.

После завершения учебы она работала реставратором в Национальной галерее в Праге. Как выдающийся специалист она участвовала в 1967 г. в международной акции по реставрации и спасению произведений искусства во Флоренции, поврежденных разрушительным наводнением.

Главное направление ее творчества — реставрация готической живописи и скульптуры, прежде всего произведений Мастера тшебоньского алтаря и мадонны в тшебоньском монастыре.

Реставрация мадонны проходила в три фазы: 1) закрепление отставшего покрытия; 2) исследование состояния всех полихромных слоев, объема перекраски; 3) постепенное снятие лишней краски с кожи и драпировки, дочистка, покрытие мастикой, ретуширование и заключительная консервация.

Предварительные исследования проводились путем мелких зондов в отдельных слоях и их документацией. Они дополнялись также отбором образцов красочных покрытий, которые заливались искусственной смолой и шлифовались. Например, профили поперечных разрезов окраски кожи показали пять слоев. А в волосах зонды обнаружили три перекраски, от светло-коричневой до темно-коричневой.

Результаты исследований разобрала специальная комиссия. Было принято решение снять перекраску с кожи и волос. Она снималась послойно и фиксировалась на цветную пленку. Старые красочные слои, кроме последнего, были необычайно тонкими. Самая поздняя реставрация лица, крайне грубая, относится к первой трети XX в.

По следам взаимного перекрывания слоев и повреждений видно, что уже после первой большой реставрации периода Ренессанса полихромия кожы была очень светлая, серебристо-розовая, напоминающая фарфор. Светло-коричневые глаза обрамлены широкими, мягко обрисованными охряными бровями. Волосы также охряного цвета. Драпировка же полностью была лишена полихромии. Это было проделано довольно грубым способом, о чем свидетельствуют многочисленные глубокие царапины на камне.

Украшение одежды мадонны было дополнено тогда скульптурной центральной частью в виде четырехгранной пирамиды, после удаления которой обнаружилось пять отверстий в камне. В одном из них сохранился металлический шип. Заметны также следы креплений других драгоценностей, или металлических украшений с драгоценными камнями, или только драгоценных камней. Такие же следы креплений остались на темени; на нем семь отверстий после грубо сорванной короны, укрепленной такими же металлическими шипами. Один из них сохранился. Это — белый металл почти без следов окисления. После снятия поздних слоев полихромии скульптор Йожка Антек осмотрел камень. Для уточнения породы камня был взят образец. Его исследование провел кандидат наук Ладислав Грдличка, который установил, что скульптура выполнена из песчанистого мергеля. Состояние камня хорошее, однако много свидетельств о давнем грубом обращении с ним. В первую очередь это были царапины, возникшие при снятии полихромии. Другие повреждения имели характер ударов и обломов камня и исправлялись уже при реставрации в начале XVII в.: на левой руке Христа отсутствуют пальцы, отбиты пальцы правой ноги, на голове углубление. Аналогичные повреждения обнаружены на шее у Девы Марии; с ее головы сорвана корона. Большинство исправлений проводилось путем стесывания камня, окружающего повреждения. Исключение представляет вставленная эллипсовидная пломба с задней стороны около левого плеча размером 14,7×9 см.

Реставрация Мадонны продолжалась побелкой всех поврежденных мест на кожных покровах и драпировке. На платье были обнаружены лишь малые остатки красной краски, на изнаночной стороне плаща в глубине складок — ляписа-лазури. На лицевой стороне плаща остался только чистый известняк, который по своему цвету близок к первоначальной окраске. Позолоченный бордюр был обнаружен лишь мелкими отрезками в каскаде плаща с правой стороны. Голубая изнанка плаща также имела бордюр. После ретуши красочных слоев был нанесен защитный слой из белого пчелиного воска.

Реставрация возвратила Тшебоньской мадонне совершенный вид готической полихромной скульптуры — первоначальную окраску кожных покровов и точность линий, выявила оригинальный художественный замысел ее автора.

ФИЛОСОФИЯ И СОЦИОЛОГИЯ

Золотая медаль имени Карла Маркса

Высшая награда Академии наук СССР в области общественных наук Золотая медаль имени Карла Маркса в 1981 г. присуждена академику П. Н. Федосееву и товарищу Густаву Гусаку.

Академик П. Н. Федосеев — член ЦК КПСС, депутат Верховного Совета СССР, вице-президент Академии наук СССР, Герой Социалистического Труда, председатель Секции общественных наук Президиума АН СССР, почетный член ряда академий наук зарубежных стран.

П. Н. Федосеев — автор многочисленных фундаментальных работ по коренным проблемам марксистско-ленинской теории. Его обобщающие, неоднократно переиздававшиеся труды «Коммунизм и философия», «Диалектика современной эпохи», «Марксизм в XX веке» вносят выдающийся вклад в творческое развитие марксистско-ленинского учения применительно к современным условиям, в постановку и решение новых чрезвычайно сложных и актуальных проблем общественного развития социализма и его закономерного перерастания в коммунистическую общественную систему, в осмысление основных диалектических противоречий современного мирового развития, в раскрытие всепобеждающей силы марксистско-ленинского учения, укрепление его авторитета на международной арене и обоснование его роли в решении социальных проблем, остро стоящих перед всем человечеством.

Под руководством П. Н. Федосеева подготовлены такие труды, получившие высокую оценку советской и зарубежной общественности, как первая научная биография Карла Маркса, коллективные монографии «Ленинизм и национальный вопрос в современных условиях», «Марксистско-ленинское учение о социализме и современность», «Ленинская теория социалистической революции и современность», «Научный коммунизм и фальсификация его ренегатами», «Что такое демократический социализм», «Соотношение двух подразделений общественного производства» и др. Созданный под его руководством учебник «Научный коммунизм» переиздавался несколько раз, переведен на ряд языков и является основным в

ке студентов советских вузов
ряда социалистических и раз-
хся стран.
академика П. Н. Федосеева
енно продвинули разработку
марксистско-ленинской фи-
и социологии. В свете ле-
идей о союзе философии и
знания в целом ряде своих
осветил самые принципиаль-
сложные вопросы развития
нного естествознания, воз-
ния и все более широкого
вания научно-технической
ции.
кую известность завоевали
П. Н. Федосеева, посвящен-
стороннему и углубленному
диалектики социальных про-
составляющих содержание
противоречивой и револю-
эпохи — перехода от капи-
к коммунизму. В них обсто-
освещены особенности взаи-
твия производительных сил и
дственных отношений, лежа-
основе переходных процессов,
показана роль народных
скрыты вопросы развития об-
ного сознания, духовной
и реального гуманизма со-
ического общества.
ой вклад вносят работы ака-
П. Н. Федосеева и в такие
обществоведения, как исто-
СС, учение о современном
революционном движении.
изнанный авторитет в обла-
дологических проблем обще-
х наук.
следние годы П. Н. Федосеев
тывает проблемы социально-
ития зрелого социалистиче-
щества. Много внимания при
еный уделяет повышению ру-
ей роли рабочего класса и
истической партии в решении
х задач коммунистического
льства, дальнейшему разви-
циалистической демократии,
нию братской дружбы социа-
ских наций, социалистическо-
летарского интернационализ-

е место в работах П. Н. Федо-
нимает принципиальная и не-
мая борьба за чистоту мар-
о-ленинской теории и един-
ирового коммунистического
я. С глубокой научной обо-
остью он раскрывает особен-
овременной идеологической
показывает несостоятель-
овейших буржуазных и реви-
ских идеологических постро-

мик П. Н. Федосеев пользу-
соким авторитетом у прогрес-
ученых-обществоведов всего

* * *

ищ Густав Гусак — Генераль-
етарь ЦК КПЧ, президент Че-
хословацкой Социалистической Республики, дважды Герой ЧССР, видный деятель чехословацкого и международного рабочего и коммунистического движения. Он широко известен также и как крупный ученый-обществовед, автор многочисленных трудов, вносящих выдающийся вклад в творческое развитие марксизма-ленинизма в неразрывной связи с постановкой и решением коренных социальных проблем современности.

Научная общественность социалистических стран, прогрессивные ученые всего мира высоко ценят крупные заслуги товарища Густава Гусака в исследовании актуальных проблем социалистического строительства, принципиальных вопросов марксистско-ленинской теории общественного развития. В его трудах получила обстоятельное освещение многогранная деятельность ЦК КПЧ по укреплению руководящей роли чехословацкого рабочего класса и его марксистско-ленинской партии в построении социалистического общества в Чехословакии, в его уверенном движении к зрелому социализму.

Особо значимое место занимают в трудах товарища Густава Гусака вопросы упрочения братской дружбы и развития всестороннего сотрудничества ЧССР с нашей страной и другими социалистическими странами. Развитие принципов пролетарского интернационализма, их последовательное осуществление в современных условиях — предмет постоянной заботы товарища Густава Гусака. В его работах широко освещается также международное значение Великой Октябрьской социалистической революции, опыт СССР в социалистическом строительстве, в построении зрелого социалистического общества.

Много внимания в своих теоретических трудах товарищ Густав Гусак уделяет раскрытию всемирно-исторической роли марксистско-ленинского учения в революционном преобразовании современного мира, в борьбе за мир, демократию, социальный прогресс и безопасность народов.

Большую известность в Чехословакии и далеко за ее пределами получили такие труды Густава Гусака, как «Ленинизм и коммунистическое движение в Чехословакии», «Ленинское учение о партии и чехословацкая действительность», «Партия, государство, народ», «СССР — источник революционной силы и вдохновения», «Мир и свобода», «Избранные статьи и речи» и др.

Товарищ Густав Гусак пользуется высоким авторитетом у обществоведов не только как выдающийся руководитель одной из братских социалистических стран, но и как крупный ученый, доктор политических наук.

Марксистско-ленинская теория развития науки

Социализм и наука — две неразрывные и важнейшие силы современного общественного развития. Их взаимодействие — тема совместного советско-чехословацкого труда, вышедшего в преддверии XXVI съезда КПСС под редакцией члена-корреспондента АН СССР С. Р. Микулинского и академика ЧСАН Р. Рихты, «Социализм и наука» (М., Наука, 1981).

В своей работе авторский коллектив опирался на разработанную классиками марксизма-ленинизма стройную концепцию развития науки. Главная цель работы — рассмотреть положение и роль науки при социализме, показать не только то, что наука дает социализму как обществу, которое не может нормально развиваться без всестороннего ее использования, но и то, что социализм дает науке, выступая в качестве принципиально новой, по сравнению с капитализмом, социальной основы ее развития.

В монографии подчеркивается, что социальные функции науки носят объективный характер и вытекают из того, какие общественные потребности удовлетворяет наука. Во-первых, систематическое приращение научных знаний и, во-вторых, определение путей их практического использования в производстве и других сферах общественной жизни — таковы основные функции науки: познавательная и практическая. Реализация последней, отмечают авторы, осуществляется в соответствии с общей ориентацией науки в данной конкретной системе социальных отношений. Они детально анализируют две группы закономерностей развития науки: общесоциальные (или общесоциологические), которым подчиняется наука постольку, поскольку она — явление общественное и включена в систему общеисторических связей и взаимодействий, и общенаучные, характеризующие развитие науки как сферы познавательной деятельности.

Авторы подчеркивают мысль о том, что происходившие и происходящие в XX в. революции в отдельных науках — это не изолированные события, случайно совпавшие по времени, а звенья одной цепи, этапы единого процесса, начало которому было положено коренными преобразованиями в физике на рубеже XIX и XX вв. Революция в современном естествознании складывается из ряда революционных переворотов как в рамках отдельных наук, так и в рамках ряда наук.

Суть революционной трансформации состоит в радикальной мировоззренческой и методологической переориентации наук, в формировании принципиально новых представлений

о мире и о самом научном знании, в возникновении нового идеала наукй.

В книге рассматриваются основные черты НТР и главные направления научно-технического прогресса. Раскрывается взаимосвязь и взаимодействие науки с отношениями собственности, идеологией, политикой, роль науки в борьбе за мир.

Проводя обстоятельный анализ социальных функций науки при социализме, авторы исходят из принципиального положения о том, что изменения этих функций происходят вслед за изменением потребностей общества. Последние изменяются не только по своему объему, но и по характеру. Так, во второй половине XX в. выступает на первый план универсальное использование науки в качестве производительной силы. Это объективно ставит на повестку дня необходимость развивать функцию науки как основы управления общественными процессами. В этих условиях наука должна не только выявлять и формулировать назревающие потребности, но и активно влиять на их формирование, а для этого — всесторонне раскрывать их природу, сущность и возможные пути удовлетворения. Кроме того, человечество подошло к тому рубежу, когда оно должно перейти к организованному управлению своей деятельностью. Следовательно, подчеркивают авторы, наука призвана стать теоретической основой социального управления.

Сегодня можно с полным основанием сказать, что наука в условиях социализма превращается в универсальную преобразующую социальную силу. Это качественно новая ступень взаимодействия науки и общества, доступная только социализму и убедительно свидетельствующая о различном положении науки при капитализме и социализме.

В книге рассматривается роль коммунистических и рабочих партий в деле руководства развитием науки. Это, по сути, ключевая тема проблемы «социализм и наука». В ней, как в фокусе, сходятся все связи: наука и социально-экономические цели общества, наука и политика, наука и трудящиеся массы, наука и человек. Большое внимание уделено проблеме стратегии развития науки как составной части общей стратегии развития социалистического общества; принципам планирования, организации и управления научной деятельностью при социализме; способам повышения эффективности научной деятельности.

Обстоятельно анализируются взаимосвязи науки, производства и социального управления, актуальные проблемы международного и научно-технического сотрудничества, положение ученого и научного коллектива в условиях социалистического общества, связь науки со всей системой культуры и ее влияние на развитие личности.

Сформулировав основные черты нового, зарождающегося типа науки, авторы указывают два главных источника их возникновения и формирования: развертывание НТР и развитие мирового революционного процесса, социальной революции, составляющей сущность нашей эпохи — эпохи перехода от капитализма к социализму.

Теоретическое наследие Канта

В октябре 1981 г. в Риге состоялся международный симпозиум, посвященный 200-летию первого издания (в этом же городе) главного теоретического произведения великого немецкого философа конца XVIII в. Иммануила Канта «Критика чистого разума». Этот труд Канта положил начало течению классической немецкой идеалистической диалектики, которое представлено созвездием таких блестящих имен, как Фихте, Шеллинг и Гегель.

В симпозиуме приняли участие ученые Болгарии, ГДР, СССР, Чехословакии, Англии, Мексики, Нидерландов, ФРГ и Японии.

Председатель оргкомитета академик АН Латвийской ССР В. А. Штейнберг отметил во вступительном слове, что симпозиуму в Риге предшествовали два международных симпозиума в Майнце (ФРГ) и две общесоюзные конференции в Калининграде (СССР), а также региональные конференции в ряде других городов СССР, где ведутся кантоведческие исследования. Он также подчеркнул большое современное значение гуманистических идей Канта и выразил уверенность, что симпозиум будет способствовать дальнейшему объединению ученых разных стран в их борьбе за мир.

В своих докладах и выступлениях ученые подробно рассмотрели отношение современной философской мысли к теоретическому наследию Канта, понимание им специфики (природы) философского знания, диалектику Канта, субъективно-объективную структуру знания и место человека, его активности в «Критике чистого разума», учение Канта о путях к вечному миру, задачи дальнейшего исследования творчества Канта. Вся эта проблематика обсуждалась на пленарном заседании и на пяти одновременно работавших секциях: 1) диалектический материализм и теория познания Канта; 2) теория познания и логика Канта; 3) проблема времени в кантовой философии; 4) «Критика чистого разума» и история философии; 5) этические, эстетические и социально-политические вопросы в учении Канта.

Академик Т. И. Ойзерман высказал мысль, что наследие Канта неисчерпаемо. Известно, что его философия была предметом самого пристального внимания основоположников диалектического материализма, причем В. И. Ленин подчеркнул ошибочность нигилистической критики в адрес Канта: его следует не просто порицать за его заблуждения и ошибки, но исправлять последние с материалистических позиций. Ленин обращал внимание на то, что диалектический идеализм в ряде отношений «ближе» к диалектическому материализму, чем старый, метафизический материализм. Кант рассматривал диалектику не как произвольный прием логической обработки эмпирического материала, но как неотъемлемое свойство познавательной деятельности человека.

Председатель Кантовского обще-

СТО ЛЕТ НАЗАД

ЛОНДОН. Угольные нити из человеческих волос. Г. Веттер придумал готовить из человеческих волос нити для ламп с накаливанием. Этим он упростил способ изготовления трубчатых нитей, давших прекрасные результаты в лампах Крюто, бывших на Мюнхенской выставке. Такие нити, по мнению изобретателя, плотнее, чище, гибче и прочнее нитей, приготовляемых из дерева, бумаги и других веществ, а благодаря трубчатому строению нити у нее бо́льшая лучистая поверхность сравнительно с массивными нитями той же меры.

«Elektrotechnische Zeitschrift»

ГЕРМАНИЯ. Употребление электричества в металлургии Ф. Фишер предлагает употреблять электричество для добывания тех металлов, окиси которых не восстанавливаются углем. Таковы, например, алюминий и магний. Эти металлы прежде получались действием металлического натрия, что страшно увеличивало их цену, при употреблении же электричества можно их добывать с меньшими издержками. Например, по расчету Ф. Фишера, можно добыть магний из карналлита в двадцать раз дешевле, чем предыдущим способом.

«Chemische Industrie»

ства в ФРГ профессор Г. Функе (G. Funke) рассмотрел знаменитые антиномии Канта в свете их критики Гегелем. Он подчеркнул, что учение об антиномиях есть центральное звено кантовской философии. Это в свое время заметил и Гегель, справедливо укоряя Канта за непонимание того, что диалектическая противоречивость присуща не только познанию, но и познаваемой реальности, а свои антиномии он не разрешил подлинно диалектическим образом. Как бы то ни было, Кант поставил проблему противоречивости всякого познающего мышления, и в этом его великая заслуга.

Академик ГДР М. Бур (M. Buhr) показал, что в основе большинства мыслей Канта находится идея активного человеческого субъекта — прогрессивная буржуазная идея его времени. Кант был первым мыслителем, который сознательно поставил проблему деятельности человека, формирующего окружающую его среду, в центр всех своих исканий, и это было требование классического буржуазного гуманизма. Но Кант заметил и неудовлетворительность состояния буржазного общества, разъедаемого противоречиями.

Профессор И. С. Нарский (СССР) и профессор Г.-Х. Хольц (H.-H. Holz, Нидерланды) в своих докладах осветили одну из наиболее трудных для анализа, но очень важную для понимания сущности теории научного познания Канта проблему значения так называемой системы основоположений чистого рассудка, которые представляют собой своего рода «мост» от категорий к чувственному материалу познания. Профессор Д. А. Лонг (D. A. Long, Англия) рассмотрел наличие трех различных мотивов в кантовской философии математики — логицистского, интуиционистского и конструктивистского, каждый из которых впоследствии привел к появлению соответствующей школы оснований математики.

В докладе на тему «Кант о прошлом и будущем человека» профессор Д. М. Гринишин (СССР) дал анализ работ великого философа, в которых отражены его взгляды на развитие человеческого рода от начального («естественного») состояния до его теперешнего прогресса в направлении к высшему моральному состоянию. Кант подметил наличие в обществе антагонизма взаимопротивоположных интересов, но верил в светлое будущее человечества и торжество гуманистических идеалов.

Академик АН Латв. ССР В. А. Штейнберг осветил взгляды Канта на проблему вечного мира. Он показал, что для Канта война была прямым нарушением нравственных целей. Разрабатывая свою концепцию устранения в будущем всяких войн из жизни общества и признавая для современности правомерность оборонительных войн как войн справедливых, Кант верил в то, что государства смогут заключить всеобщий мирный договор, а народы придут к сознанию необходимости мирного союза между всеми ними. Докладчик органически связал мысли философа о мире с актуальными задачами борьбы народов конца XX в. против ядерной опасности.

Выступавшие на первой секции всесторонне рассмотрели содержание теории познания Канта, значение ее идей для дальнейшей разработки теории познания диалектического материализма и логики науки.

На второй секции докладчики подчеркнули заслуги Канта в активном использовании аппарата формальной логики в теории познания, охарактеризовали Канта как зачинателя теоретических исследований по диалектике — это видно в его учении об антиномиях, в его отношении к проблеме синтеза чувственного и рационального уровней познания, в его таблице категорий, подходах к философии истории и т. д.

На третьей секции обсуждались заслуги Канта в выявлении временных структур и механизмов деятельности человеческого сознания и процессов творческого построения культуры, говорилось о неправильности ограничения проблемы времени у Канта только его теорией познания, о том, как понятие времени у Канта участвует в создании единства субъекта.

На четвертой секции были рассмотрены многие историко-философские предпосылки учения Канта и подвергнуто критике искажение его подлинных взглядов неокантианцами конца XIX — начала XX в., а затем феноменологами, протестантскими богословами и деятелями франкфуртской школы. Шла речь о Лейбнице и Юме, о Декарте и Ньютоне и о многих других мыслителях, достижения и проблемы творчества которых так или иначе были переплавлены в горниле кантова гения.

На симпозиуме состоялась интересная дискуссия по вопросу: имела ли место историческая преемственность между относительно неподвижными категориями Канта и подвижными категориями в логике Гегеля.

В докладах на пятой секции было показано, что неверно считать Канта в эстетике всего лишь основоположником формализма. В его учении об эстетическом идеале, например, содержалась могучая гуманистическая струя. Ценно и то, что Кант остро поставил целый ряд вполне современных эстетических проблем.

Кантовский симпозиум в Риге явился своего рода смотром достижений современного кантоведения, убедительно продемонстрировав плодотворность сотрудничества прогрессивных ученых разных поколений и разных стран.

Диалектика интернационального и национального в социалистическом обществе

Так называется коллективная монография, выпущенная издательством «Наука» в 1981 г.

В ней подчеркивается, что исходной теоретической основой научного исследования диалектики интернационального и национального является марксистско-ленинское учение о нациях, национальных отношениях и пролетарском интернационализме, что только при социализме возможно гармоничное сочетание интернационального и национального во всех сферах общественной жизни. Это вытекает из самой природы социалистического общества и является выражением его интернационалистического характера.

Экономика — определяющая основа единства интернационального и национального в развитом социалистическом обществе. Взаимодействие национального и интернационального в экономическом развитии социалистических наций, представляя собой диалектический процесс возрастания роли и удельного веса интернациональных начал в общественной жизни, не исключает национальных форм развития. Развитие современной материально-технической базы зрелого социализма во всех союзных и автономных республиках СССР сопровождается ростом интернационального единства народов нашей страны, что, в свою очередь, способствует конкретизации производства, укреплению общности экономической жизни всех наций, всего советского народа.

Одна из главных задач в осуществлении ленинской национальной политики в современных условиях — гармоническое сочетание интернациональных и национальных интересов. Его конкретные формы многообразны. Они проявляются во всех сферах общественной жизни: политической, экономической, культурной и т. д.

Построение развитого социалистического общества в СССР — это воплощение принципов пролетарского интернационализма. С братской помощью всех народов нашей многонациональной социалистической Родины трудящиеся советских республик под руководством КПСС осуществили свое подлинное национальное возрождение и добились замечательных успехов в социалистическом развитии народного хозяйства, науки и культуры. Товарищ Л. И. Брежнев, говоря об этом, подчеркнул: «По существу, это был славный подвиг целого класса, целого народа, совершенный во имя интернационализма. И его, этот подвиг, никогда не забудут все народы нашей родины» (Брежнев Л. И. Ленинским курсом, т. 4, с. 51).

Всесторонний расцвет и неуклон-

ное сближение социалистических наций и народностей выражают единство национального и интернационального в их развитии. Объективной основой этого единства, как отмечается в книге, является социалистическая интернационализация общественной жизни. Она выступает в качестве важнейшего рычага преодоления былой обособленности народов, различных форм экономической и культурной отсталости ряда наций и народностей. Социализм диалектически сочетает объективную тенденцию интернационализации наций с тенденцией свободного национального развития, расцвета хозяйства и культуры наций.

В книге рассматривается сущность новой исторической общности — советского народа. Общность советского народа выступает как социальная и интернациональная, т. е. как общность иного, более высокого сущностного порядка по сравнению с социальным характером классов, слоев и групп, характером наций и народностей.

С точки зрения общественной структуры советский народ выступает в качестве социально-классовой общности и в этом отношении представляет собой социалистический союз всех трудящихся СССР — работников индустрии, сельского хозяйства и культуры, физического и умственного труда.

С точки зрения национального состава советский народ многонационален и представляет собой интернационалистскую общность, поскольку нации и народности являются социалистическими. Он окончательно сформировался в качестве новой исторической общности людей на этапе развитого социализма.

В рамках исторически новой общности людей ее составные части — нации и народности — находятся под определяющим влиянием целого — советского народа как определенной социальной системы. Поэтому каждая нация и народность несет в себе те черты, которые свойственны советскому народу в целом. Однако каждая отдельная нация или народность воспроизводит эти черты в трансформированном виде, откуда и возникает необходимость изучения сложной диалектики общего и особенного, единства социалистического содержания и многообразия национальных форм его проявления.

Авторы показывают ведущую роль рабочего класса как решающего фактора в утверждении социально-классового и интернационального сплочения и единства всех советских людей в новой исторической общности, единства интернационального и национального в общественном сознании многонационального советского народа.

Интернационализм социально-экономических основ социалистического общества определяет диалектическое единство и взаимодействие интернационального и национального в области государственного строительства. Показано, как на основе советской социалистической демократии обеспечивается неразрывное единство союзной государственности и национальной государственности республик. Авторы рассматривают ленинские принципы строительства многонационального социалистического государства. В. И. Ленин писал: «Советская республика объединяет трудящихся всех наций и отстаивает интересы трудящихся без различия наций» (Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 36, с. 536).

В монографии освещены проблемы развития советской многонациональной культуры как органического сплава духовных ценностей, создаваемых всеми народами СССР. «Сегодня, — отмечал Л. И. Брежнев, — мы уже с полным правом можем сказать: наша культура — социалистическая по содержанию, по главному направлению своего развития, многообразная по своим национальным формам и интернационалистская по своему духу и характеру. Она представляет собой, таким образом, органический сплав создаваемых всеми народами духовных ценностей» (Брежнев Л. И. Ленинским курсом, т. 4, с. 59—60). Показано единство интернационального и национального в развитии культурных традиций советских людей, взаимодействие национальных языков в ходе социалистического и коммунистического строительства, роль русского языка как средства межнационального общения и сотрудничества наций и народностей СССР.

Большое внимание авторы уделяют анализу диалектики взаимодействия и взаимопроникновения социалистического интернационализма и советского патриотизма; раскрывается общесоветская, общенациональная гордость советских людей как выражение единства их интернационализма и патриотизма. В книге справедливо отмечается, что патриотизм не противоречит интернационализму, и наибольшие успехи достигаются при их гармоническом сочетании, когда они друг друга дополняют и взаимообусловливают. «Эти два понятия представляют для нас неразрывное целое», — отмечал Л. И. Брежнев на торжественном заседании, посвященном 50-летию образования СССР.

Вопросы сочетания интернациональных и национальных интересов в мировом социалистическом содружестве приобретают особо актуальное значение в современных условиях, когда империализм нагнетает международную обстановку. Авторы подчеркивают, что воспитание трудящихся социалистических государств в духе сочетания интернационализма с патриотизмом способствует успехам каждого из братских государств и всего социалистического содружества, способствует укреплению их единства и сплоченности, дальнейшему развитию дружеских отношений между ними.

Далее авторы раскрывают значение совместной борьбы социалистических стран за мир и защиту завоеваний социализма, рассматривая это как выражение единства и интернациональных и национальных интересов; показывают, какую роль играют коммунистические и рабочие партии в обеспечении единства интернационального и национального в строительстве социализма и коммунизма.

Формирование социальной однородности социалистического общества

Под таким названием в 1981 г. в издательстве «Наука» вышел в свет коллективный труд, подготовленный Институтом социологических исследований АН СССР совместно с кафедрами общественных наук ряда высших учебных заведений (ответственные редакторы — доктора философских наук Ф. Р. Филиппов и Г. А. Слесарев). Это первое издание, в котором проблемы совершенствования социальной структуры развитого социалистического общества рассматриваются в свете итогов XXVI съезда КПСС.

В книге раскрыты основные тенденции усиления социальной однородности советского общества и некоторые методологические аспекты их изучения. Научные знания о социальной структуре зрелого социалистического общества необходимы для прогнозирования перспектив ее развития, принятия практических решений в сфере социальной политики, для всестороннего учета интересов не только всего общества в целом, но и всех составляющих его классов и социальных групп в экономической, политической и идеологической деятельности Коммунистической партии и Советского государства. На основании опыта дискуссий, состоявшихся в рамках IX Всемирного социологического конгресса (Упсала, Швеция, 1978 г.) и XI Всемирного конгресса Международной ассоциации политических наук (Москва, 1979 г.), показано значение исследований социальной структуры социалистического общества для критики буржуазных социологических концепций, разоблачения мифов антисоциалистической пропаганды, спекулирующей на остатках общественного неравенства, неизбежного на первой фазе коммунизма, и извращающей марксистско-ленинскую теорию построения бесклассового общества.

XXVI съезд КПСС сделал важнейший теоретический вывод о наличии объективной возможности становления бесклассовой структуры обще-

ства в главном и основном в исторических рамках развитого социализма. По мере стирания межклассовых различий все большее значение приобретают различия, выходящие за рамки отдельных классов, в том числе социально-территориальные. Данные исследований, проведенных в последние годы, свидетельствуют о наличии существенных региональных особенностей развития социальной структуры советского общества. Весьма важно преодоление внутриклассовых различий, обусловленных социальной неоднородностью труда. Первостепенное значение приобретает преодоление малоквалифицированного, тяжелого физического труда.

В изучении социальной структуры общества необходимо стремиться не только к познанию образующих ее элементов, но и к исследованию связей между ними, социальных (прежде всего социально-классовых) отношений. Такой подход нужен не только на уровне общества в целом, но и на уровне трудовых коллективов.

Далее в книге освещаются проблемы совершенствования социальной структуры советского рабочего класса, составляющего почти $^2/_3$ населения страны и являющегося ведущей силой общества, формирования его новых пополнений.

Основную долю рабочего класса СССР составляют кадровые рабочие с длительным производственным стажем. Новые пополнения рабочего класса приходят теперь не из крестьянства, как это было в минувшие десятилетия, а более равномерно из всех социальных групп общества и в наибольшей степени — из той же рабочей среды. В главе приводится обширный цифровой материал, основанный как на данных государственной статистики, так и на результатах социологических исследований, свидетельствующий о значительных изменениях в отраслевой, профессиональной и квалификационной структуре рабочего класса в 70-е годы. Отмечено существенное сближение социальных характеристик рабочих высокой квалификации с инженерно-техническим персоналом.

В монографии анализируются изменения в социальной структуре сельского населения СССР. Они являются важнейшим критерием социального развития деревни, ее растущего сближения с городом. Развитие производительных сил сельского хозяйства, совершенствование социалистических производственных отношений, рост общественно-политической активности и духовной культуры жителей села — все это придает деревне новый облик в условиях зрелого социализма. Межхозяйственная кооперация и агропромышленная интеграция служат предпосылками формирования нового социального типа работника сельскохозяйственного производства.

Авторы характеризуют социальное развитие советской народной интеллигенции, ее сближение с рабочим классом и колхозным крестьянством в условиях зрелого социализма. Возрастает численность интеллигенции, меняется ее структура, увеличивается многообразие ее производственных и социальных функций. Важнейшими структурными элементами интеллигенции являются ее городской и сельский отряды, отраслевые и профессиональные группы, а также слои, различающиеся по степени сложности и ответственности труда. Четко прослеживается граница между высококвалифицированным трудом специалистов и менее квалифицированным — служащих-неспециалистов. «Технизация» труда многих групп интеллигенции способствует формированию ее «пограничного» слоя, близкого по своим социальным чертам к высококвалифицированным рабочим.

В специальной главе рассматриваются тенденции сближения социальных групп советского общества в сфере культуры. Результаты социологических исследований, данные государственной статистики свидетельствуют, что по основным показателям культурного уровня — общему и профессиональному образованию, наличию предметов долговременного культурного пользования, доле расходов на культурные нужды семьи, диапазону и частоте посещений учреждений культуры, содержанию избираемых духовных ценностей, затратам времени на культурную деятельность, участию в духовном производстве — социальные группы советского общества неуклонно сближаются. Важнейшее значение для роста образованности и культуры советского народа имел переход ко всеобщему обязательному среднему образованию, завершенный в середине 70-х годов. Как показала Всесоюзная перепись населения 1979 г., более $^3/_4$ рабочих имеют теперь среднее (полное и неполное) образование, намного сблизился уровень образования работников физического и умственного труда, жителей города и деревни.

В книге дан анализ особенностей социального развития отдельных регионов страны. Особое внимание уделено социальной структуре городского населения и социальной географии городов. Приводятся данные исследований, осуществленных в Башкирской АССР и в некоторых городах Поволжья и Урала.

Завершает монографию глава, посвященная критике буржуазных концепций социальной структуры, относящихся к критериям социальной дифференциации и проблемам интеллигенции.

ЭКОНОМИКА

Планирование и управление социалистической экономикой

Одна из наиболее актуальных задач экономического развития СССР на современном этапе — интенсификация общественного производства на всех уровнях, которая невозможна без дальнейшего совершенствования системы планирования и управления народным хозяйством страны. Это требует от советских экономистов значительных усилий, направленных как на создание теории управления и организации производства, адекватной современному уровню производительных сил и сложившейся системе производственных отношений развитого социалистического общества, так и на решение частных вопросов, связанных с совершенствованием хозяйственного механизма, таких, как хозяйственный расчет, кредитование, цены, прибыль и рентабельность, природопользование, организационные структуры управления, информационно-техническая база и т. д. Особую актуальность эти исследования приобретают в свете решений XXVI съезда КПСС, постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 12 июля 1979 г. «Об улучшении планирования и усилении воздействия хозяйственного механизма на повышение эффективности производства и качества работы», постановлений пленумов ЦК КПСС, в которых ставится задача разработки и проведения в жизнь единой системы мер, охватывающих основные стороны руководства народным хозяйством.

Одно из ведущих мест в решении этой задачи принадлежит экономико-математическому направлению. Это направление развивает фундаментальную идею академика В. С. Немчинова о необходимости органического соединения механизма планового руководства экономикой при широком использовании методов математического моделирования с системой хозяйственного расчета.

Последние десятилетия экономико-математические исследования в нашей стране характеризуются становлением новой экономической дисциплины, получившей название системы оптимального функционирования социалистической экономики (СОФЭ). По определению академика Н. П. Федоренко, это такая система управления, планирования и экономического стимулирования, которая соответствует производительным силам и

производственным отношениям зрелого социалистического общества и обеспечивает необходимые условия для повышения эффективности общественного производства в условиях современной научно-технической революции.

Основы этой теоретической концепции, центральным звеном которой является модельный инструментарий плановых расчетов, внесение элементов оптимальности непосредственно в плановый процесс, разработаны в Центральном экономико-математическом институте АН СССР под руководством академика Н. П. Федоренко. Обобщению опыта научных исследований, использованию их результатов в экономической теории планирования и управления народным хозяйством посвящены монографии академика Н. П. Федоренко «Некоторые вопросы теории планирования и управления» (М., Наука, 1979) и «Вопросы оптимального функционирования экономики» (М., Наука, 1980). В 1981 г. за эти работы Президиум АН СССР присудил академику Н. П. Федоренко премию имени В. С. Немчинова.

В первой монографии разработана методология системы комплексного планирования (СКП). Глубоко проанализированы принципы СКП, выявлено место в ней программно-целевого метода. На этой базе исследованы особенности и основные стадии разработки народнохозяйственного плана. Процесс планирования в диалектическом единстве отражает ряд важнейших аспектов: прогнозирование, разработку долгосрочных, среднесрочных и текущих планов, совокупность организационно-хозяйственных, социальных и других комплексных программ.

Большое значение для улучшения качества и сбалансированности планов имеет разработка единой системы моделей народнохозяйственного планирования. Обобщая опыт практического применения оптимизационных моделей и теоретических исследований по созданию систем моделей, автор формулирует основные требования к подобным системам, анализирует проблемы их внедрения.

В книге показано, что планы производства и распределения продукции необходимо дополнить целым рядом взаимосвязанных механизмов, обеспечивающих создание наиболее благоприятных условий реализации планов, включая совершенствование организационной структуры производства и информационно-технической базы управления, всемерное использование экономических рычагов, стимулов и т. п. Именно это обстоятельство и предопределило то большое внимание, которое уделяется в монографии ценообразованию, хозяйственному расчету, кредитно-финансовой системе — важнейшим экономическим рычагам повышения эффективности общественного производства, призванным «настраивать» деятельность каждого звена народного хозяйства на интересы всего социалистического общества.

Следует также отметить народнохозяйственный подход Н. П. Федоренко к проблемам рационального природопользования, оценке эффективности использования природных ресурсов, экономического ущерба, причиняемого загрязнением окружающей среды.

Вторая монография посвящена исследованию проблем оптимизации плановых решений исходя из марксистско-ленинской характеристики сущности социализма. В качестве исходного автором используется принцип планомерности общественного развития при социализме, причем это касается не только планов производства в узком смысле. Н. П. Федоренко выдвигает и убедительно обосновывает более широкую трактовку закона планомерного, пропорционального развития, включая сюда наряду с развитием производительных сил тесно связанный с ним процесс совершенствования всей системы производственных отношений.

Проанализировав действие системы экономических законов, автор сформулировал ряд принципиальных условий эффективной организации управления, которые можно рассматривать как исходные предпосылки СОФЭ. Всестороннему рассмотрению подвергнута категория оптимума как специфическая, присущая развитому социалистическому обществу и отражающая основные связи в системе его социально-экономических отношений.

Большой вклад в методологический фундамент политической экономии и теории СОФЭ внесли исследования Н. П. Федоренко о первичной «клеточке» социалистического способа производства, которые делают возможным более глубокое и содержательное понимание категории общественной полезности, роли и места математических методов — важнейшего инструмента теории СОФЭ. Все это позволило определить статус теории СОФЭ как науки, изучающей с общесистемных позиций основные принципы планирования и управления социалистической экономикой.

Таким образом, обе монографии взаимодополняют друг друга, содержат конкретный экономический и политэкономический анализ теории СОФЭ и показывают путь движения от теории к реальной системе оптимального функционирования социалистической экономики.

Страны социализма: интенсификация экономики и развитие интеграции

В издательстве «Наука» в 1981 г. вышли книги сотрудников Института экономики мировой социалистической системы АН СССР: «Социалистическая интеграция и научно-техническая революция» (авторы — доктор экономических наук А. Н. Быков и кандидат экономических наук Д. А. Лебин) и «Международные хозяйственные организации социалистических стран. Проблемы управления» (ответственный редактор — доктор экономических наук А. И. Зубков).

В первой монографии дан анализ развития сотрудничества стран социализма в свете проблем, возникающих на современном этапе научно-технической революции (НТР), уделяется внимание происходящим изменениям в интеграционном процессе. Широко освещена неустанная деятельность КПСС и Советского государства, других братских партий и государств по укреплению содружества — одного из главных факторов стабильности и прогресса в современном мире.

В противовес воздействию НТР на общество при капитализме, при социализме она является результатом и продолжением социальных преобразований, осуществляющихся сознательно и планомерно при активной деятельности трудящихся, и в первую очередь рабочего класса. Авторы анализируют создание и укрепление научно-технических потенциалов в социалистических странах, развитие интернациональных процессов в современном мире, их связь с НТР, преимущества социалистической интеграции. При этом освещен как специфически национальный, так и общезначимый практический опыт коммунистического и социалистического строительства.

Важное место в книге занимает рассмотрение социалистической интеграции как необходимого условия эффективного развертывания НТР в странах социализма. Отмечается объективность процесса социалистической интернационализации производства в братских странах, его связь с дальнейшим обобществлением производства в каждой отдельно взятой стране и выход этого производства за национальные границы. Сочетая количественный и качественный методы исследования, авторы прослеживают основные этапы развития данного процесса, рассматривают интеграцию как высшую на современном этапе форму международного социалистического разделения труда. В книге выявлены различные аспекты соединения НТР с преимуществами социализма, задачи и пути оптимизации усилий стран СЭВ в овладении достижениями научно-технического прогресса посредством углубления интеграции, дальнейшего совершенствования плановых методов сотрудничества.

На основе фактического материала дан анализ сближения уровней на-

учно-технического развития стран СЭВ, показана специфика решения этой проблемы в различных странах, намечены пути ускорения ее решения. Особо подчеркнуто общее и специфическое в развертывании НТР в зависимости от экономического потенциала отдельных стран.

Характеризуя развитие социалистического содружества, товарищ Л. И. Брежнев отметил на XXVI съезде КПСС, что «теперь невозможно представить себе уверенное развитие той или иной социалистической страны, успешное решение ею таких, скажем, проблем, как обеспечение энергоресурсами и сырьем, внедрение новейших достижений науки и техники, без связей с другими братскими странами»*.

Преимущественное внимание авторы монографии уделяют комплексному решению экономических проблем, реализации на уровне требований НТР долгосрочных целевых программ сотрудничества, развертыванию интенсивной производственной и научно-технической кооперации. В связи с этим подробно рассматриваются состояние и перспективы сотрудничества стран СЭВ в области науки и техники, пути его интенсификации, органической увязки с развитием специализации и кооперирования производства на двусторонней и многосторонней основе, с экономической политикой отдельных стран.

Основываясь на обширном статистическом материале, авторы анализируют пути концентрации ресурсов стран СЭВ для совместного решения крупных народнохозяйственных проблем, связанную с этим практику совместного строительства и инвестиционной деятельности, создания совместных хозяйственных организаций.

Авторы раскрывают историческое значение деятельности СЭВ. В книге рассматриваются актуальные проблемы мирного сосуществования двух мировых систем, воздействия на этот процесс социалистической экономической интеграции, новые возможности, открывающиеся в ходе ее развития и углубления, участие в СЭВ не входящих в него стран и сотрудничество стран Совета с развивающимися государствами.

Авторы прослеживают некоторые новые, сложные масштабные задачи хозяйственного строительства в братских странах, прежде всего в области совместного овладения всеми достижениями НТР, показывают возможные пути решения существующих здесь проблем.

Вторая монография «Международные хозяйственные организации социалистических стран. Проблемы управления» в определенной мере дополняет первую.

Товарищ Л. И. Брежнев отметил на XXVI съезде КПСС необходимость создания совместных фирм*. В настоящее время функционирует целый ряд таких организаций, созданных на двусторонней и многосторонней основе и действующих в различных областях социалистической экономики. Все большее значение приобретает сотрудничество в сфере научно-технических исследований и разработок, что привело к созданию международных научно-производственных объединений.

Экономическое сотрудничество в этой области, как указывают авторы коллективной монографии, строится не на законодательном объединении собственности стран-участниц, а на основе планово-координационных, товарно-денежных и институциональных элементов сотрудничества. На первый план выступает планово-координационная функция управления на основе договоров и соглашений.

Собственность как экономическая категория получает новое содержание в процессе социалистической экономической интеграции, в особенности в рамках подобных организаций. Создание коллективной собственности путем долевого участия стран при сооружении и эксплуатации совместных предприятий и взаимосогласованное использование национальной собственности при кооперировании производства в рамках международных хозяйственных объединений обусловливает специфику управления. Такие организации представляют одну из наиболее перспективных форм экономического сотрудничества, которая позволит решить вопросы полной кооперации труда и производства, составляющей материальную основу социалистической интеграции.

В то же время международные хозяйственные объединения являются частью системы экономических организаций стран СЭВ. В работе рассматривается процесс развития этой системы, определяется роль и место в ней международных совместных производств.

Обобщая накопленный опыт экономического сотрудничества, авторы рассматривают пути совершенствования механизма международных хозяйственных организаций, в основе которого лежит совместная плановая деятельность. Изучаются вопросы общего и специфического в плановом механизме различных организаций и связь этого механизма с национальными системами планирования.

Заслуживает внимания анализ внедрения хозяйственного расчета и усовершенствования системы ценообразования как основных принципов деятельности совместных производств. В то же время авторы отмечают, что без дальнейшего развития таких областей управления, как кредитно-финансовые, валютные и правовые отношения, невозможно решение существующих проблем.

В интересах человечества

В наши дни невиданно ускорилось развитие всех сторон общественной жизни, усилилась взаимозависимость и взаимообусловленность различных ее сторон. В результате этих изменений не только возросло значение некоторых ранее существовавших, но и появилось немало новых проблем, носящих глобальный характер, связанных с общественными процессами и явлениями, — проблем, которые затрагивают жизненные интересы всех народов, всего человечества и вместе с тем требуют для своего решения коллективных усилий различных государств, всего мирового сообщества.

Способно ли человечество решить главную, ключевую проблему, от которой зависит само его существование, сохранение и развитие цивилизации — предотвратить мировую ядерную войну, а со временем и исключить ее вероятность? Сможет ли оно в обозримой перспективе преодолеть углубляющийся разрыв между развитыми и развивающимися странами — разрыв, чреватый крупными социальными потрясениями и политическими кризисами международного масштаба? Удастся ли избежать опасностей, связанных с растущим воздействием человека на природу? Каким путем устранить дефицит определенных видов ресурсов, в первую очередь энергетических, как справиться с углубляющейся диспропорцией между быстрым ростом населения в мире и отставанием роста продовольственной базы, с голодом и недоеданием, болезнями и нищетой на значительной части планеты? Что принесет будущее в области развития самого человека и человеческих ценностей?

Этим проблемам посвящена коллективная монография сотрудников Института мировой экономики и международных отношений АН СССР «Глобальные проблемы человечества» (М., Мысль, 1981) под редакцией академика Н. Н. Иноземцева, в которой комплексно исследуются причины возникновения, сущность и возможные пути решения основных глобальных проблем во всей их совокупности.

В монографии излагается суть марксистско-ленинского подхода к трактовке глобальных проблем, анализируется система факторов, которые породили и обострили эти проблемы, показываются реальные пути их преодоления. Исследование всех этих вопросов дается на широком историческом фоне, с привлечением большого фактического материала и сопоставлением различных взглядов. Это непосредственно вызвано тем, что во-

* Материалы XXVI съезда КПСС. М., Политиздат, 1981, с. 8.

* См.: Материалы XXVI съезда КПСС. М., Политиздат, 1981, с. 8.

круг глобальных проблем мирового развития, их природы и причин возникновения, возможных путей и методов решения развернулась острая борьба — борьба идей и мировоззрений, политических доктрин и курсов.

Марксистско-ленинский подход к анализу общественных процессов позволяет выделить в качестве основных, вставших перед человечеством в последней трети XX века, те из проблем взаимоотношений человека и общества с природой, а также самих общественных взаимоотношений в их самом широком понятии, которые носят поистине планетарный, общемировой характер, затрагивают жизненные интересы всех народов, всех государств.

Первостепенное внимание уделяется прежде всего предотвращению мировой ядерной войны. Проблема войны и мира выступает ныне как одна из основных комплексных проблем исторического развития, как всеохватывающая, центральная проблема мировой политики.

Создание ракетно-ядерного оружия вызвало качественный скачок в развитии материальных средств ведения вооруженной борьбы, не имеющий себе равных в истории. Невиданная ранее возможность массового поражения привела к кардинальному пересмотру методов ведения войны. В настоящее время сложилось стратегическое равновесие в отношениях двух противоположных социально-экономических мировых систем. Вместе с тем это стратегическое равновесие, именуемое на Западе «равновесием страха», отнюдь не является конечным и идеальным состоянием взаимоотношений государств двух мировых систем, призванным обеспечить поддержание мира. И прежде всего потому, что оно не статично, а динамично. Арсеналы средств массового поражения постоянно пополняются и обновляются. Научно-технический прогресс все время открывает новые возможности для создания более сложных и совершенных систем ракетно-ядерного оружия. Все это привело к тому, что масштабы военной угрозы ныне беспрецедентны.

В то же время никогда раньше не было столь мощных сил, способных предотвратить развязывание мировой ядерной войны. Страны социализма, международный рабочий класс, все прогрессивные и миролюбивые силы создают преграду на пути агрессоров. В устранении военной опасности заинтересованы народы всех стран. Разумной альтернативы прочному миру и международному сотрудничеству не видят и реалистически мыслящие представители руководящих кругов буржуазных государств.

«Пытаться победить друг друга в гонке вооружений, рассчитывать на победу в ядерной войне — это опасное безумие», — подчеркнул товарищ Л. И. Брежнев на XXVI съезде КПСС. Именно из этого основополагающего положения исходит Советский Союз во всей своей политике. Таков советский подход к острейшей проблеме современности — подход, продиктованный искренней заботой о будущем, готовностью добиваться выработки баланса интересов всех сторон на единственно разумной основе, исключающей возможность взаимного уничтожения.

В качестве одной из наиболее важных и актуальных проблем современности в монографии рассматривается проблема преодоления отсталости развивающихся стран. Для национальной экономики этих стран, многие из которых располагают богатейшими минеральными и энергетическими ресурсами, характерны низкий научно-технический уровень, преимущественно экспортная ориентация сырьевого производства, высокая степень экономической зависимости от иностранных монополий, быстро возрастающая внешняя финансовая задолженность. Отсталость развивающегося мира резко контрастирует с новыми возможностями развития человечества в эпоху научно-технической революции.

В этой связи возникает совершенно закономерный вопрос — возможно ли вообще нормальное развитие человеческого общества, если большая часть жителей планеты оказывается за чертой приемлемого человеческого существования? Жители развивающихся стран не в состоянии достаточно продуктивно участвовать в мировом производственном процессе, их колоссальные трудовые ресурсы мало или совсем не используются, достижения всемирной научно-технической революции в большинстве случаев обходят их стороной. Нельзя забывать и о политических, идеологических и морально-этических опасностях, проистекающих из сохранения и усугубления нынешнего положения развивающихся стран, которое пытается узаконить неоколониализм.

Глобальный характер рассматриваемой проблемы определяется и тем, что ни одна из групп стран и систем государств сегодняшнего мира, отдельно взятая, не в состоянии ее решить. Только те объективные тенденции, которые породили разрядку и рост международного сотрудничества в различных областях, открывают реальные преспективы достижения согласованного, разумного подхода к решению вопросов, связанных с преодолением отсталости развивающихся стран.

Среди проблем общественного, социального развития в монографии особо выделены проблемы самого человека. Одна из них — это современная демографическая ситуация, тенденции и перспективы увеличения населения планеты, взаимодействие роста населения и экономического развития; при этом особую роль играет тот факт, что проблемы народонаселения во все большей мере становятся объектом не только научной полемики, но и острой идеологической борьбы. Другая — проблема личности современного человека. Здесь имеются в виду развитие человека в условиях научно-технической революции, изменения, происходящие в жизнедеятельности людей, в их образе жизни, доступность образования и культуры, аспекты развития личности, которые определяются условиями конкретных общественных систем, соотношение личных устремлений и целей общества, взаимосвязь проблемы человека с другими глобальными проблемами.

Большое внимание в проведенном авторами исследовании отводится проблемам взаимодействия человека, общества с природой, окружающей средой, обеспечения жизнедеятельности людей естественными ресурсами. В монографии детально анализируются возникающие ограничения, которые природа накладывает на развитие человечества, его производительных сил, рассматривается, в какой мере проблемы, связанные с использованием природных ресурсов, носят общемировой характер и в чем специфика их проявления в условиях социализма и капитализма, сопоставляются возможности их решения собственными усилиями отдельных государств и путем налаживания широкого международного сотрудничества.

Борьба с голодом в ранге общечеловеческих проблем по праву занимает ведущее место после проблемы предотвращения новой мировой войны. Ее выдвижение в качестве одной из первоочередных задач человечества диктуется не только чисто гуманными соображениями ответственности за жизнь на планете. Не в меньшей мере она определяется экономическими, социальными и политическими императивами современности. Неотложность решения этой проблемы диктуется еще и тем, что продовольственное положение многих развивающихся стран за последнее десятилетие ухудшилось и масштабы массового голода и хронического недоедания в них приняли угрожающие размеры. В монографии рассматриваются перспективы широкого международного сотрудничества с развивающимися странами как одного из наиболее эффективных путей в решении проблемы голода и подъема их собственного сельского хозяйства.

Другая важная сторона взаимоотношений человека с природой — обеспечение человечества сырьем, энергией. Монография дает обстоятельный ответ на ряд алармистских прогнозов в этой области, появившихся за последнее десятилетие, анализирует, насколько реальна угроза исчерпания невозобновляемых полезных ископаемых. Авторы подробно рас-

сматривают роль минеральных ресурсов в общественном производстве, предпосылки и сущность обострения проблемы обеспечения энергией и сырьем в мировом капиталистическом хозяйстве, подход государств социалистического содружества к энергосырьевой ситуации в мире, основанный на познании объективных закономерностей взаимоотношений общества и природы, действенном регулировании и рационализации процессов ресурсопользования в интересах всестороннего развития человечества.

Современная научно-техническая революция впервые в истории создала предпосылки для комплексного и крупномасштабного изучения и освоения Мирового океана и космического пространства. Огромен ресурсный потенциал Мирового океана — один из важнейших факторов в решении таких глобальных проблем, как сырьевая, энергетическая и продовольственная, освоение космоса в интересах общего развития человечества — эффективный путь решения ряда его насущных задач. Скорейшее претворение этих перспектив в реальность настоятельно требует объединения усилий всех народов, что во многом зависит от создания соответствующего политического климата на планете и последовательного соблюдения всеми странами принципов мирного сосуществования.

Начало последней трети XX века было отмечено резким ухудшением качества окружающей человека природной среды. И хотя в различных странах масштабы, интенсивность и последствия нарушения экологического равновесия различны, процесс неблагоприятного воздействия человеческой деятельности на природу приобрел глобальный характер. Это создает потенциальную угрозу появления необратимых изменений в природных системах, подрыва естественных условий и ресурсов существования нынешнего и будущего поколений людей. В монографии содержится обстоятельная характеристика современного состояния проблемы окружающей среды, основные черты подхода к вопросам экологии в странах с различным общественным устройством, исследуются международные аспекты защиты экосферы как интернациональной задачи человечества.

Вопрос о будущем нерасторжимо связан с современной общественной практикой, неотделим от интересов определенных классов, слоев и групп населения, социальных систем. Это во многом предопределило его выдвижение на авансцену идеологической борьбы. При этом всевозможные социально-экономические прогнозы и «сценарии будущего» все чаще используются в качестве аргументов в идейных столкновениях различных классовых и политических сил. В этой связи в монографии содержится критический анализ основных буржуазных концепций и футурологических моделей перспектив развития мировой экономики.

Специфический интернациональный характер глобальных проблем ставит перспективы их решения в самую непосредственную зависимость от состояния международных отношений в современном мире, от перестройки международных отношений — как политических, так и экономических — на подлинно демократической основе и решения других насущных проблем. Именно такая перестройка с учетом интересов всех групп государств — социалистических, развивающихся, капиталистических — не только призвана содействовать созданию соответствующего международного климата, но и в полной мере способствовать поискам эффективных путей решения насущных проблем человечества, связанных с объединением усилий различных стран, с более широким использованием преимуществ международного разделения труда.

Конференция ООН по новым и возобновляемым источникам энергии

В августе 1981 г. в г. Найроби (Кения) состоялась конференция ООН по новым и возобновляемым источникам энергии. Конференции предстояло выработать совместные действия по освоению и использованию таких видов энергии, как солнечная, геотермальная, энергия ветра, гидроэнергия, в том числе энергия волн и термального градиента моря, энергия преобразования биомассы, энергия, получаемая за счет сжигания древесины, торфа, горючих сланцев, битуминозных источников, и даже энергия использования тяглового скота.

Большинство развивающихся стран не располагают запасами традиционных энергоресурсов, таких, как нефть, уголь, а низкая научно-техническая база и нехватка кадров в этих странах сдерживают развитие национальной энергетики, в частности, ядерной. Поэтому возобновляемые источники энергии многие развивающиеся страны рассматривают как самую перспективную основу их энергетики.

По экспертным оценкам, к концу века 65—70% мирового энергопотребления может быть обеспечено за счет ядерной и термоядерной энергии, доля же возобновляемых источников в мировом энергобалансе при условии разработки совместными усилиями эффективных технологий достигнет 10—15%, а в национальном энергобалансе отдельных стран может составить даже не менее 70—80%.

Дискуссия на конференции охватывала экономические, политические и социальные вопросы. Со всей остротой была подчеркнута мысль, что до недавнего времени без каких-либо ограничений, связанных с соображениями долгосрочного характера, многие государства осуществляли свою экономическую деятельность не самым эффективным образом, неэкономно использовали имеющиеся источники энергии, исходя при этом из того, что нефть и газ дешевы, а запасы их неистощимы. Возникшие трудности с энергоснабжением повлекли, в частности, за собой более разумное использование традиционных источников энергии, привели к необходимости освоения и использования новых и возобновляемых источников энергии.

На конференции выделялись два направления дискуссии. Первое — это техническая возможность и эко-

СТО ЛЕТ НАЗАД

БУДАПЕШТ. В числе работ, исполненных недавно муниципалитетом города Будапешта, обращает на себя внимание способ вбивания свай. Эти сваи, уже раз вбитые, должны были вынести бо́льшую нагрузку, чем это предполагалось первоначально. Нужно было, следовательно, вбить их поглубже. Для избежания расходов на переноску копра, на установку его над каждой сваей инженеры задумали применить к делу динамит. Сваям придали квадратную форму и на каждую из них положили кованую железную плиту. Затем на каждую плиту помещали пласт динамита. Этот способ не применим к первоначальному вбиванию свай на большую глубину, но раз уже сваи несколько вбиты и их надо вбить глубже — описанный способ весьма удобен и дает большую экономию.

«Техник»

АНГЛИЯ. К электрическому освещению и подъемной силе присоединяется теперь еще и электрическое отопление, причем, конечно, для этого будет употребляться не непосредственно электрическая теплота, но последняя будет служить для нагревания воды и других жидкостей. На подобный метод отопления, которому, по мнению Сименса, предстоит большая будущность, Освальд Розе в Манчестере получил немецкий патент.

«Нива»

номическая эффективность использования возобновляемых источников энергии и второе — практическое осуществление проектов, т. е. финансирование, обеспечение квалифицированной рабочей силой и т. д.

Представители развивающихся стран подчеркивали важность объединения усилий на международном уровне для освоения имеющихся у них возобновляемых энергетических ресурсов, так как сложность и высокая капиталоемкость технологий, а также другие проблемы затрудняют или делают невозможным самостоятельное осуществление этими государствами крупномасштабных проектов. При этом представители наиболее развитых из развивающихся стран больше внимания уделяли таким источникам энергии, как солнечная, геотермальная. Представители наименее развитых стран говорили о возможности получения энергии из биомассы в виде малоценных и быстрорастущих пород деревьев и кустарников, трав, остатков урожая зерна, сахарсодержащих культур, биологических отходов животных. Основной метод использования биомассы — ее прямое сжигание.

Интенсивное использование древесины ведет к тому, что каждый год вырубается 15 млн. га леса. В частности, в настоящее время потребности в топливно-энергетическом сырье большого числа стран (с общим населением 2 млрд. человек) в основном (на 80—85%) обеспечиваются за счет энергии сжигаемой древесной массы.

По экспертным оценкам, в развивающихся странах до конца столетия спрос на энергоносители ежегодно будет возрастать почти на 5%, а их доля в мировом энергопотреблении в конце столетия достигнет почти 24% (в 1979 г. она составила 14%).

Более перспективно газифицировать биомассу. В настоящее время уже построено несколько моделей опытных установок для этой цели, однако чтобы наладить промышленное производство газа, еще потребуется от 2 до 5 лет.

В ряде стран разработана технология получения из биомассы спиртового горючего двух видов: этанола, вырабатываемого из зерна и сахарного тростника, и метанола, получаемого из древесной массы. В частности, производство этанола на основе тростника широко распространено в Бразилии. Этот этанол используют в качестве автомобильного горючего вместо бензина. Правительство Бразилии поставило задачу к середине 80-х годов довести производство этанола до 2,5 млрд. галлонов в год, что даст возможность обеспечить 45% потребности в автомобильном топливе. Сейчас в стране насчитывается 400 тыс. автомобилей, работающих на этаноле.

Конечно, другие возобновляемые источники, такие, как излучение солнца, ветер, движение воды, могут дать значительно больше энергии, чем биомасса. Но для создания эффективных промышленных технологий с использованием этих источников и осуществления проектов требуется достаточно высокий уровень технического развития страны, наличие квалифицированной рабочей силы.

В результате проделанной работы конференция приняла программу действий по освоению и использованию новых и возобновляемых источников энергии.

В этом документе нашли отражение такие ключевые положения, как необходимость сохранения прочного мира, принятия конкретных мер в области разоружения, осуществления полного суверенитета развивающихся стран в области использования своих природных ресурсов, укрепления государственного сектора. В программе содержатся рекомендации по активизации международных усилий в развитии альтернативных источников энергии.

Конференция пришла к важному выводу, что в мире имеется достаточно энергетических ресурсов для удовлетворения потребностей всего населения и совместными усилиями стран можно решить энергетическую проблему.

Научно-техническая революция и современный капитализм

Издательство «Наука» в 1981 г. выпустило сборник «Научно-техническая революция и противоречия капитализма». В нем опубликованы материалы пленарных и секционных заседаний проходившей в Москве международной конференции «Научно-техническая революция и углубление экономических и социально-политических противоречий капитализма на современном этапе», организованной Институтом мировой экономики и международных отношений АН СССР.

В работе конференции приняли участие советские ученые из Академии

СТО ЛЕТ НАЗАД

АНГЛИЯ. Английский физик Рис изобрел прибор, который можно назвать воздушной пилой. Известно, что если вращать диск из мягкого железа с большой скоростью, то им можно разрезать стальную полосу, если эту последнюю привести в прикосновение с диском. Но Рис показал, что даже в некотором расстоянии этот диск, вертясь в плоскости, перпендикулярной стальной полоске, тоже быстро вращающейся навстречу диску, режет эту полосу какою-то неведомою силой. Рис предполагает, что полоса режется целым градом ударов мельчайших воздушных частиц, увлеченных быстро движущимся диском. Если в этом опыте не откроется ничего нового, такого, что нам еще совершенно неизвестно, то, по всей справедливости, прибор Риса может быть назван воздушной пилой.

«Инженер»

США. Электроскоп — имя инструмента, посредством которого достигается передача на расстояние изображений. Это самое последнее научное открытие, и д-ру Гнидра из Виктории принадлежит эта честь. Испытание этого удивительного прибора производилось в Мельбурне в присутствии около 40 человек ученых и общественных деятелей и было очень удачно. Стоя в темной комнате, они видели проектированными на большом белом и отполированном диске скачки в Флемингтоне с множеством лиц, принимавших в них участие. Всякая мелкая подробность передавалась с совершенной верностью, и пока они смотрели на эту удивительную картину в бинокли, трудно было подумать, что они на самом деле не присутствуют на скачках и не двигаются среди тех, действие которых они видели с такой живостью.

«Scientific American»

ГЕРМАНИЯ. В типографии Гагена в Москве получены образцы оттисков, сделанных по новому способу, недавно изобретенному в Германии. Владельцы привилегии — «Автотипическое общество». Суть этого важного изобретения состоит в том, что изображение какого-либо предмета переводится с фотографического снимка на цинк без помощи художника, прямо с натуры. Между тем как до сих пор на цинк можно было перевести изображения с рисунков, сделанных или штрихами или пунктиром. Судя по присланным образцам, надо думать, что в этом новом способе изображение передается с помощью какой-либо сетки и способ этот допускает передачу тонов, полутонов света.

«Техник»

общественных наук при ЦК КПСС, институтов Академии наук СССР, высших учебных заведений. Присутствовали научные делегации из социалистических стран: Болгарии, Венгрии, Вьетнама, ГДР, Монголии, Польши, Румынии, Чехословакии, представители коммунистических и рабочих партий, ученые-марксисты из Аргентины, Бельгии, Бразилии, Великобритании, Греции, Доминиканской Республики, Индии, Испании, Италии, Коста-Рики, Мексики, Нидерландов, Португалии, США, Уругвая, Финляндии, ФРГ, Чили, ЮАР.

Международный форум открыл кандидат в члены Политбюро ЦК КПСС, секретарь ЦК КПСС, академик Б. Н. Пономарев. С основным докладом выступил директор ИМЭМО АН СССР, академик Н. Н. Иноземцев.

Помимо пленарных заседаний, на которых было проведено широкое обсуждение общих проблем НТР, работали три научные секции: «Научно-техническая революция и проблемы воспроизводства», «Научно-техническая революция и углубление социально-экономических противоречий капитализма» и «Научно-техническая революция и обострение глобальных проблем развития человечества».

Б. Н. Пономарев отметил во вступительном слове на конференции: «Изучение противоречий, обостряемых или вызываемых научно-технической революцией, может помочь в... деле разработки экономической политики, которая отвечала бы интересам трудящихся масс, задачам укрепления международной разрядки, способствовала бы борьбе за социалистическое переустройство общества».

В докладе Н. Н. Иноземцева, тезисах Института мировой экономики и международных отношений АН СССР, выступлениях советских и зарубежных ученых анализируется такое сложное и противоречивое комплексное явление современности, как НТР в странах капитала, всесторонне рассматриваются внутренние процессы углубления противоречий капитализма в связи с дальнейшим научно-техническим прогрессом.

Состоявшийся на конференции обмен мнениями внес значительный вклад в изучение многих проблем современного государственно-монополистического капитализма. Это относится прежде всего к обострению противоречий между производительными силами и производственными отношениями на современном этапе в мире капитализма, новым формам обобществления производства, особенностям современного инвестиционного процесса, опасности технологического детерминизма. На примере ведущих капиталистических стран были глубоко проанализированы особенности их экономического развития с начала 70-х годов, новые тенденции в государственно-монополистическом регулировании мирового капиталистического хозяйства, стремление современного капитализма использовать достижения научно-технического прогресса для укрепления своих позиций в борьбе с социализмом и международным рабочим движением.

Большое внимание было уделено теоретическому анализу воздействия НТР на систему капиталистической эксплуатации, ее влияния на занятость населения. Обсуждались такие актуальные вопросы, как несоответствие между открываемыми в ходе научно-технического прогресса возможностями решения насущных проблем человечества и стремлением капитализма воспрепятствовать применению новейших достижений науки и техники в интересах дальнейшего прогресса.

Рассматривались возникающие на современном этапе вопросы, связанные с внедрением последних достижений науки и техники в освободившихся государствах Азии, Африки и Латинской Америки, действиями транснациональных корпораций в развивающихся странах и их методами технологического неоколониализма.

Обмен мнениями убедительно доказал, что империализм несет всю полноту ответственности за применение достижений НТР в развязываемой им гонке вооружений, за расточительство материальных ресурсов и непроизводительное использование плодов научно-технического прогресса.

НТР и порождаемые ею проблемы находятся в центре внимания ученых-марксистов всех стран. По наиболее важным и принципиальным вопросам участники конференции заняли единые или очень близкие позиции. Имевшая место дискуссия, по общему мнению участников, во многом будет способствовать дальнейшей теоретической разработке на основе марксизма-ленинизма методологии актуальных вопросов современного общественного развития. Вместе с тем различия в точках зрения по определенным положениям, как отметил в заключительном слове академик Н. Н. Иноземцев, отражает сложность и противоречивость современной жизни, с одной стороны, и с другой — ставит перед учеными весьма серьезные и большие задачи на будущее.

ФИЛОЛОГИЯ

Литература и художественная культура общества

Новый вклад в изучение закономерностей развития советской литературы в тесной связи с другими сферами художественного творчества вносит подготовленный в Институте мировой литературы АН СССР коллективный труд «Взаимодействие литератур и художественная культура развитого социализма. Проблемы жизни. Теория. Поэтика». Это вторая книга одноименной серии (первая вышла из печати в 1977 г.). В числе ее авторов — академик М. Б. Храпченко, член-корреспондент АН СССР В. Р. Щербина и другие видные литературоведы.

В книге рассматриваются пути взаимообогащения социалистических культур. Художественное творчество органически связано с широким кругом внехудожественных форм общественного сознания — социально-политических, идеологических и т. д. Занимая важное место в системе культуры, литература является носителем высоких общечеловеческих идеалов, фактором формирования духовного богатства личности. В книге отчетливо выявляется поступательное развитие творческого гения, взаимное обогащение национальных культур социалистического общества, их созидательная, гуманистическая, интернациональная функция.

Отличительными чертами искусства зрелого социализма, как отмечают авторы, являются глубокая народность и коммунистическая партийность, революционный гуманизм и гражданственность, правдивость и глубокое проникновение в действительность, непримиримость к буржуазной идеологии и морали. Советскому искусству свойственны высокая идейная требовательность, непримиримость ко всему, что мешает движению вперед, дух новаторства и смелого художественного поиска.

Советское искусство отображает исторический путь советского народа, его героические деяния и борьбу за построение коммунистического общества. В нем воплощены и творчески развиты культурные традиции многих народов СССР. Авторы труда исследуют также процессы формирования интернациональных, общесоюзных традиций от ранних этапов развития социалистического общества до современности. В книге прослеживаются общие для всей советской литературы закономерности ее художественного и идейного обогащения: эволюция жанров, углубление эпико-философского начала, активизация нравственного и публицистического пафоса в исследовании жизни. Широко представлен опыт творческих

контактов советских писателей, их взаимосвязи с деятелями культуры и искусства социалистических стран.

Значительное место в книге уделено роли КПСС в создании наилучших условий для творчества художественной интеллигенции, в ориентации ее на тесную связь с народом, на решение актуальных проблем современности.

Авторы показывают значение эстетической среды в системе воспитания нового человека, раскрывают концепцию личности и критерии гуманизма в современной литературе. Гуманизм литературы социализма состоит не просто во внимании к человеку — извечном свойстве искусства. Человек в искусстве социалистического реализма является не только функцией или жертвой социальных обстоятельств, но и творцом общественных отношений; советская литература показывает миру человека как строителя социалистического общества.

Раскрывая новые типологические черты в многонациональной литературе Советского Союза, авторы отводят особое место активности мировоззренческой и творческой позиции советского писателя. Благодаря достижениям советской многонациональной художественной литературы на русском языке, на языках народов Прибалтики, Средней Азии, Казахстана, Кавказа и Закавказья становится возможным говорить о новом этапе во взаимодействии национальных культур, выступающих как единое целое, как многосоставная идейно-эстетическая система. Развивая лучшие традиции классиков советской литературы и творчески используя опыт классического русского реализма, писатели братских народов СССР все глубже осваивают и многовековое наследие своих культур.

Становление и формирование русского литературоведения

Монография кандидата филологических наук А. С. Курилова «Литературоведение в России XVIII века» (М., Наука, 1981) посвящена наиболее ранним периодам формирования русской науки о литературе. Автор ведет исследование на широком материале, включающем работы Ф. Прокоповича, А. Д. Кантемира, В. К. Тредиаковского, М. В. Ломоносова, Н. И. Новикова и других. Он анализирует поэтики и риторики, «курсы словесности» и «системы» наук, написанные в России в XVII—XVIII вв., раскрывает характер и своеобразие становления национального теоретико- и историко-литературного мышления.

В работе впервые при изучении истории науки о литературе ставится вопрос о наукообразующих факторах, и прежде всего таких, как открытие фундаментальных законов литературного развития, возникновение метода познания литературных явлений, формирование системы литературоведческих понятий, разработка учения о литературно-художественном развитии, определение предмета науки о литературе. Только проявление всех этих факторов в развитии знаний о литературе дает возможность говорить о рождении литературоведения как науки.

Автор исследует преимущественно старопечатные издания XVI—XVII вв., а также литературоведческие работы XVIII в. — риторики, грамматики, словари, статьи и т. п. Прослежены истоки русского литературоведения, показано своеобразие теоретико-литературной мысли Древней Руси, выраженной не в специальных работах по теории литературы (поэтиках), а существовавшей в качестве системы конкретных понятий-представлений о литературных жанрах. Проанализированы стиховедческие разделы грамматик XVI—XVII вв., риторики и поэтики того времени, предисловия и послесловия к грамматикам, букварям, азбуковникам, а также теоретико-литературные понятия, вошедшие в русские лексиконы XVII — начала XVIII в. При этом было выявлено, что национальная теоретико-литературная мысль не только отличалась своеобразием, но в целом ряде своих понятий и представлений стояла на уровне общеевропейской мысли.

В книге обстоятельно прослеживается процесс освоения новых литературных понятий, начатый работами А. Д. Кантемира и В. К. Тредиаковского, который привел к формированию системы новейших по тому времени понятий и появлению первой оригинальной, национальной, уже в полном смысле литературоведческой работы В. К. Тредиаковского — «Рассуждения о оде вообще» (1734), где он выступает новатором, объединив в одну систему традиционные виды русской и западноевропейской поэзии, представив их как единое и неразрывное целое. М. В. Ломоносов создал «Краткое руководство к красноречию» (1748), свидетельствовавшее о начале становления национальной литературной теории.

В эти же годы формируется и отечественное историко-литературное мышление, заметной вехой в развитии которого становится статья Тредиаковского «О древнем, среднем и новом стихотворении российском» (1755). В ней впервые был выдвинут принцип периодизации исторического развития русской поэзии с древнейших времен. Этот принцип и в наше время является основополагающим в историко-литературном мышлении.

Далее в работе рассматривается процесс формирования национальных литетатуроведческих жанров. Наряду с уже известными — риторикой, предисловиями, послесловиями, словарями, — возникают «рассуждение», исторические и теоретические примечания, «исторические известия», статьи; в качестве жанра историко-литературного исследования выступает «житие» — прообраз будущих работ, посвященных жизни и творчеству писателей.

Автор приходит к заключению, что уже к середине 70-х годов XVIII в. завершается процесс накопления новых знаний о литературе, новых взглядов и литературоведческих идей, на-

СТО ЛЕТ НАЗАД

РОССИЯ. Говорящая машина. У всех, несомненно, на памяти «говорящая машина» Фабера. Теперь нам сообщают, что русский техник Ребров поставил себе задачей усовершенствовать механизм машины так, чтобы последняя воспроизводила человеческую речь настолько свободно, чтобы привычное ухо не могло отличить говора машины от человеческого голоса. По словам очевидцев, старания г. Реброва увенчались полным успехом; те недостатки, которые встречались в появлявшихся до сих пор механизмах и неприятно поражали слух, совершенно устранены русским техником.

«Техник»

АНГЛИЯ. Среди новостей на электрической выставке в Вестминстерском аквариуме будут платья, отделка которых состоит из электрических ламп с накаливанием. Каждое платье будет вышито тонкими проволоками, соединенными со множеством крошечных ламп с накаливанием. Главный проводник проводится в каблук башмака, который, касаясь особо приготовленного для этого ковра или пола, проводит в лампы ток и все платье освещается. Выставленные платья предназначаются для сцены Лондона, Парижа и Вены. По словам изобретателя, приложение таких ламп в костюмах просто и безопасно. Недавно на балу в Гуле одна из дам имела на голове и платье украшения из горящих электрических ламп с накаливанием.

«World»

чинается выделение теоретико- и историко-литературного познания в особые специальные области филологической деятельности — теорию и историю литературы, со своими системами понятий, формами исследований и методологией.

В заключение автор подчеркивает, что искания и борьба за истинное знание, свойственные этой области науки в XVIII в., подготовили великие достижения русского академического литературоведения.

Новый подход к лингвистическим исследованиям

Современный уровень развития языкознания требует нового — программно-целевого — подхода к организации научных исследований. В изучении новых проблем исходным пунктом обычно является достигнутый уровень знаний, сумма ранее полученных результатов. При программно-целевом подходе исходным пунктом становится конечный продукт — новый лингвистический объект с заданными свойствами (словарь, грамматика нового типа и др.), который выступает и как отправной момент, и как конечная цель исследования.

В книге члена-корреспондента АН СССР Ю. Н. Караулова «Лингвистическое конструирование и тезаурус литературного языка» (М., Наука, 1981) рассматриваются принципы лингвистического конструирования, на основе которых может быть решена задача построения новых лингвистических объектов с заданными свойствами.

По мнению автора, лингвистическое конструирование — не только способ создания новых вещей, но и метод изучения, выявляющий существенные стороны языкового материала, предполагающий как этап его анализа, так и этап синтеза. Оно выступает как внутренний ресурс науки, направленный на преодоление ее собственных трудностей и противоречий. Его принципы позволяют принимать конструктивные решения — и не в виде модели, а создавая реальные лингвистические объекты с заданными свойствами.

Цель предпринятого Ю. Н. Карауловым исследования — создание нового лингвистического объекта — тезауруса русского литературного языка, построенного с помощью ЭВМ. Тезаурус — словарь, фиксирующий общие смысловые связи слов естественного языка. Определяя те свойства, которыми должен обладать конструируемый словарь, и анализируя с этой целью существующие типы словарей, исследователь обнаруживает свойственную современной лингвистике тенденцию к словарному представлению итогов исследования любого уровня языковой структуры, выдвигает гипотезу «полноты лексикографического описания языка», т. е. полного и точного отражения языковой структуры в словарях.

Обосновывая эту гипотезу, Ю. Н. Караулов вводит понятие «лексикографического параметра» — словарного представления единиц языковой структуры, различая с точки зрения передаваемой ими информации два типа лексикографических параметров — собственно языковые, структурогенные (ударения, орфографический, словоизменительный, сочетаемости и др.) и лингвистические (этимологический, страноведческий, частотный и др.).

Выделение и анализ совокупности словарных параметров легли в основу предложенной автором принципиально новой словарной типологии, строящейся на понимании типа словаря как сочетания определенных параметров. Это открывает широкие возможности для конструирования нового типа словарей путем отбора из всей совокупности параметров таких их сочетаний, которые будут оптимально отвечать заранее поставленным целям словаря.

Задача конструирования тезауруса русского литературного языка требует включения в него максимального числа совместимых друг с другом параметров. Здесь возникает проблема сочетаемости, совместимости параметров, выбора наиболее целесообразных их комбинаций. Решению этой задачи служит построенная автором на материале словарей русского, английского и французского языков матрица лексикографических параметров, позволяющая управлять целевым назначением и содержанием создаваемого словаря. Кроме того, с помощью этой матрицы можно конструировать новые типы словарей (например, обратного словаря заимствований, словаря грамматических значений, обратного фразеологического словаря, включающего все идиомы данного языка, передающие то или иное понятие, и др.), дающих самую разнообразную новую информацию о языке.

Ю. Н. Караулов всесторонне исследует специфику семантической информации, отраженной в тезаурусе, и способы ее фиксации в нем, раскрывает отношения взаимообусловленности между тезаурусом и толковым словарем.

Анализ опыта и результатов построения тезауруса русского литературного языка позволил исследователю решить и некоторые задачи, имеющие принципиальное значение для изучения русской лексической семантики. Так, в частности, был получен оптимальный для изучающих русский язык и пользующихся им словник, очерчивающий тот минимум лексики, который необходим для практического владения русским языком, и представляющий собой, по сути, семантическое ядро русской лексики. Кроме того, особый интерес представляет сформулированная Ю. Н. Карауловым гипотеза о соотношении семантической и синтаксической информации в словарных определениях.

Таким образом, построение тезауруса русского литературного языка, с одной стороны, обнаружило новые аспекты важнейших проблем лингвистической теории, требующие дальнейшего изучения, а с другой — дало возможность сформулировать новые практические задачи, в частности, построение новых типов словарей. Это подтверждает плодотворность и перспективность предлагаемого Ю. Н. Карауловым программно-целевого подхода в языкознании, расширяющего границы лингвистической теории, открывающего языкознанию пути к решению поставленных жизнью конкретных задач.

История народа в словаре

В 1981 г. Государственная премия СССР присуждена доктору филологических наук Василию Ивановичу Абаеву за научный труд «Историко-этимологический словарь осетинского языка» в трех томах, опубликованный в 1958, 1973 и 1979 гг.

Словарь уникален по богатству, по охвату данных других языков, привлекаемых для сравнения (в нем приводится материал 190 языков и наречий мира). Автор прослеживает историческое развитие осетинского языка, его связи с другими родственными языками иранской языковой семьи, к которой он принадлежит, с языками соседних народов Кавказа — картвельских, абхазо-адыгских, нахско-дагестанских, тюркских, со славянскими (в первую очередь с русским) и финно-угорскими языками.

Словарь В. И. Абаева представляет собой комплексное историко-культурное и филологическое исследование по иранистике. Он объединяет в себе, в сущности, несколько типов словарей. Впервые в мировой лексикографической практике предпринята попытка совместить в одном словаре элементы пяти разных словарей: двуязычного (осетинско-русского), документированного, этимологического, исторического и реального.

В нем все осетинские слова и иллюстрирующие их употребление словосочетания и фразы переводятся на русский язык. Автор точно и весьма полно раскрыл семантику слов, показал все их оттенки и нашел для каждого из них подходящие эквиваленты в русском языке. Ему пришлось обработать огромный фактический материал — письменные памятники на осетинском языке с конца XVII в. и до современности, осетинский фольклор, тексты записей на двух основных диалектах осетинского языка — дигорском и иронском.

В словаре каждое слово подробно

исследуется, чтобы установить его происхождение и выявить родственные связи — является ли оно исконным в языке или же заимствованным. Во всех случаях устанавливается возможный источник заимствования. Этим источником выступают как родственные языки, древние и новые индоевропейские языки, так и неродственные — кавказские и тюркские. Описание слова дано в тесной связи с реалиями, при котором мир слов последовательно соотнесен с реальной картиной мира, отражающейся в языке.

Историко-этимологический словарь В. И. Абаева дает развернутую историю слова от его исходного состояния до современного.

Комплексное изучение осетинской лексики позволило автору выявить закономерности звуковых изменений в слове на разных этапах исторического развития, установить основные типы и модели словообразования, проследить развитие значения слов на разных этапах эволюции языка.

В словаре получила отражение многовековая материальная и духовная культура осетинского народа, его обычаи, фольклор, мифологические представления и воззрения.

Особое внимание уделено историческим корням осетинского языка и народа — продолжателя одной из древнеиранских этноязыковых ветвей, потомка племени аланов, и его связям со скифским миром. Автору удалось показать, что целый ряд скифских слов продолжает существовать в современном осетинском языке.

Словарь В. И. Абаева вызвал широкий отклик филологов, историков, фольклористов как в нашей стране, так и за рубежом. Это выдающийся вклад в историю языка и культуры осетинского народа, яркое свидетельство высокого уровня советской филологической науки, бережного отношения к национальному культурному наследию.

ЧТО МОЖНО ПРОЧИТАТЬ В ДОПОЛНЕНИЕ К СТАТЬЯМ ЭТОГО ТОМА ЕЖЕГОДНИКА

Б. М. КЕДРОВ. Ленин и научные революции.

Кедров Б. М. Из лаборатории ленинской мысли. М., 1972.

Кедров Б. М., Огурцов А. П. Марксистская концепция истории естествознания. М., 1978.

Кедров Б. М. Ленин и научные революции. М., 1980.

С. А. УШАКОВ. От гипотезы дрейфа материков к теории глобальной тектоники.

Монин А. С. История Земли. Л., Наука, 1977.

Сорохтин О. Г. Глобальная эволюция Земли. М., Наука, 1974.

Ушаков С. А. Строение и развитие Земли. Физика Земли, т. 1. М., 1974.

Ушаков С. А., Галушкин Ю. И. Литосфера Земли. Физика Земли, т. 3, 4. М., 1978, 1979.

Л. К. ЭРНСТ, Ф. Ф. ЭЙСНЕР. Крупномасштабная селекция в скотоводстве.

Эрнст Л. К. Проблема селекции молочного скота в условиях промышленной технологии. — Животноводство, 1976, № 9.

Эйснер Ф. Ф. О крупномасштабной селекции в животноводстве. — Животноводство, 1976, № 11.

Солсбери Г. У., Ван-Демарк Н. Л. Теория и практика искусственного осеменения коров в США. М., Колос, 1966, с. 527.

И. М. ТЕРНОВ. Поляризованные электроны — новые возможности физического эксперимента.

Соколов А. А., Тернов И. М. Релятивистский электрон. М., Наука, 1974.

Тернов И. М., Михайлин В. В., Халилов В. Р. Синхротронное излучение и его применения. М., 1980.

П. Г. КОСТЮК. Работа нервных клеток: механизмы электрической возбудимости.

Крышталь О. А., Пидопличко В. И. Внутриклеточная перфузия гигантских нейронов улитки. — Нейрофизиология, 1975, т. 7, № 3, с. 327—329.

Веселовский Н. С., Федулова С. А. Выявление кальциевых каналов в соматической мембране нейронов спинальных ганглиев крыс при внутриклеточном диализе циклическим аденозин-3', 5'-монофосфатом. ДАН СССР, 1980, т. 253, № 6, с. 1493—1495.

Kostyuk P. G., Krishtal O. A., Pidoplichko V. T. Effect of internal fluoride and phosphate on membrane current during intracellular dialysis of nerve cells — Nature, v. 257, № 5528, 1975, p. 691—693.

Kostyuk P. G., Krishtal O. A., Pidoplichko V. I. Asymmetrical displacement currents in nerve cell membrane and effect of internal fluoride— Nature, v. 267, № 5606, 1977, p. 70—72.

Д. М. ГВИШИАНИ. Системный подход к исследованию глобальных проблем.

Загладин В. В., Фролов И. Т. Глобальные проблемы современности: научный и социальный аспекты. М., Международные отношения, 1981.

Гвишиани Д. М. Материалистическая диалектика — философская основа системных исследований. — В кн.: Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник 1979. М., 1980.

Печчеи А. Человеческие качества. М., Прогресс, 1980.

Н. Г. БАСОВ, А. Н. ОРАЕВСКИЙ. Химические лазеры.

Башкин А. С. Игошин В. И., Никитин А. И., Ораевский А. Н. Химические лазеры. Итоги науки и техники. Серия «Радиотехника», т. 8, 1975.

Химические лазеры. М., Мир, 1980.

Башкин А. С., Игошин В. И., Ораевский А. Н., Щеглов В. А. Химические лазеры. М., Наука, 1982.

Башкин А. С. Лазеры и химия. М., Знание, 1981.

Дунская И. М. Лазеры и химия. М., Наука, 1979.

Н. А. ПЛАТЭ, В. П. ШИБАЕВ. Жидкокристаллические полимеры.

Платэ Н. А., Шибаев В. П. Гребнеобразные полимеры и жидкие кристаллы. М., Химия, 1980.

Америк Ю. Б., Кренцель Б. А. Химия жидких кристаллов и мезоморфных полимерных систем. М., Наука, 1981.

Жидкокристаллический порядок в полимерах. М., Мир, 1981.

Платэ Н. А., Шибаев В. П. Жидкокристаллические полимеры. — Высокомолекулярные соединения. Серия А, т. 19, № 5, 1977, с. 923—973.

СОДЕРЖАНИЕ

7 Б. М. Кедров
В. И. ЛЕНИН И НАУЧНЫЕ РЕВОЛЮЦИИ

ЧЕЛОВЕК

19 К. Доннер
ЗРИТЕЛЬНАЯ АДАПТАЦИЯ ПРИ СВЕТЕ СОЛНЦА И ЗВЕЗД

31 Л. Махо, В. Штрбак
МАТЕРИНСКОЕ МОЛОКО И ЕГО ЗАМЕНИТЕЛИ

41 М. Мебель, Д. Шольц
ТРАНСПЛАНТАЦИЯ ПОЧЕК: УСПЕХИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

53 Р. Н. Пуллат
ИЗ РАННЕЙ ИСТОРИИ ГОРОДА ТАРТУ

65 В. И. Сарианиди
СОКРОВИЩА ЗОЛОТОГО ХОЛМА

ЗЕМЛЯ

85 Л. И. Попов, В. В. Рюмин, С. А. Савченко
ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ — ВЗГЛЯД ИЗ КОСМОСА

102 С. А. Ушаков
ОТ ГИПОТЕЗЫ ДРЕЙФА МАТЕРИКОВ К ТЕОРИИ ГЛОБАЛЬНОЙ ТЕКТОНИКИ

115 Р. Барсболд
ДИНОЗАВРЫ ИЗ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

123 С. Накамура
РАСТЕНИЕВОДСТВО ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

135 Л. К. Эрнст, Ф. Ф. Эйснер
КРУПНОМАСШТАБНАЯ СЕЛЕКЦИЯ В СКОТОВОДСТВЕ

МИКРОМИР

149 Дж. Кистемакер
ФИЗИКА АТОМНЫХ СТОЛКНОВЕНИЙ

159 И. М. Тернов
ПОЛЯРИЗОВАННЫЕ ЭЛЕКТРОНЫ — НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

169 Д. Кориш
ТОЧЕЧНЫЕ ДЕФЕКТЫ ИОННЫХ КРИСТАЛЛОВ

179 П. Г. Костюк
РАБОТА НЕРВНЫХ КЛЕТОК: МЕХАНИЗМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ВОЗБУДИМОСТИ

187 Г. Пастернак
ИММУНОЛОГИЯ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ ОПУХОЛЕЙ

ВСЕЛЕННАЯ

201 Д. Прунариу
«САЛЮТ-6» — «СОЮЗ Т-4» — «СОЮЗ-40»: НАПРЯЖЕННАЯ НАУЧНАЯ РАБОТА

209 В. А. Крат, В. В. Касинский
МЕЖДУНАРОДНАЯ ПРОГРАММА ГОД СОЛНЕЧНОГО МАКСИМУМА

221 Б. Хок
ЖЕНЕВСКАЯ ФОТОМЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС

237 Д. М. Гвишиани
СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ИССЛЕДОВАНИЮ ГЛОБАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ

251 С. С. Лавров
ПРОГРАММНАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

259 Н. Г. Басов, А. Н. Ораевский
ХИМИЧЕСКИЕ ЛАЗЕРЫ

275 С. Оаэ
СЕРА В ПРИРОДЕ И В ЛАБОРАТОРИИ

283 Н. А. Платэ, В. П. Шибаев
ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОЛИМЕРЫ

ЛЕТОПИСЬ НАУКИ

309 КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

321 АСТРОНОМИЯ

329 ФИЗИКА

335 МАТЕМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

340 ХИМИЯ

345 ТЕХНОЛОГИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

350 БИОЛОГИЯ, МЕДИЦИНА, СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

357 НАУКИ О ЗЕМЛЕ

361 ИСТОРИЯ И АРХЕОЛОГИЯ

384 ФИЛОСОФИЯ И СОЦИОЛОГИЯ

389 ЭКОНОМИКА

395 ФИЛОЛОГИЯ

Н34 **Наука и человечество, 1983: Доступно и точно о главном в мировой науке. Междунар. ежегодник / Редкол. А. А. Логунов (пред.) и др. — М.: Знание, 1983. — 400 с., ил., портр.**

В пер.: 3 р. 80 к. в коленкоре, 3 р. 70 к. в бумвиниле. 100 000 экз.

Этот том ежегодника знакомит с последними достижениями советской и зарубежной науки. Его авторы — крупнейшие ученые многих стран мира, лауреаты высших научных премий

Н $\frac{1401000000-012}{073(02)-83}$ 2-83

ББК 72
001

Статьи иностранных ученых, опубликованные в этом томе ежегодника, перевели:

К. Доннер. Зрительная адаптация при свете Солнца и звезд — М. Островский

Л. Мазо, В. Штрбак. Материнское молоко и его «заменители» — Б. Утешев

М. Мебель, Д. Шольц. Трансплантация почек: успехи и перспективы — Э. Левицкий

С. Накамура. Растениеводство на защищенном грунте. — Н. Тараканов

Дж. Кистемакер. Физика атомных столкновений — П. Стрелков

Д. Корнш. Точечные дефекты ионных кристаллов — А. Иванов

Г. Пастернак. Иммунология злокачественных опухолей — Р. Стрелкова

Д. Прунариу. «Салют-6» — «Союз Т-4» — «Союз-40»: напряженная научная работа — Г. Щетинина

Б. Хок. Женевская фотометрическая система — О. Длужневская

С. Оаэ. Сера в природе и в лаборатории — В. Смит

Л. Пикенхайн. Нобелевская премия — исследователям мозга — Р. Кругликов

В. Фромлова. Реставрация Тшебоньской мадонны — Д. Прасолов

Редактор переводов статей иностранных авторов Р. Чуйкова

В подготовке статей и биографий авторов принимал[и] участие: К. Гусева, С. Кипнис, М. Кронрод, В. Н[е]… Е. Фитеева

Раздел «Сто лет назад» подготовил С. Кипнис

Оформление книги и макет В. Савелы

В книге использованы фотографии О. Кузьм[…] А. Пушкарева

Редакторы: Н. Дубровина, Т. Кобзева, Е. Кондратье[…] Г. Кремнева, В. Микулицкий

Младший редактор Т. Захарова

Художественный редактор Н. Пьяных

Технический редактор Т. Луговская

Корректор В. Калочкина

Сдано в набор 09.06.82. Подписано к печати 19.01.83. Т01644[…] бумага 84×108 1/16. Бумага офсетная гознак для гл. печати. Г[…] таймс. гельветика. Печать офсетная, глубокая. Усл. печ. л. 4[…] кр.-отт. 137,40. Уч.-изд. л. 52,78. Тираж 100 000 экз. Заказ 12[…] перепл. № 7 в коленкоре 3 р. 80 к. в бумвиниле 3 р. 70 к. Изд[…] «Знание». 101835, ГСП, Москва, Центр, проезд Серова, д. 4[…] заказа 839701

Ордена Трудового Красного Знамени Калининский полигр[…] комбинат Союзполиграфпрома при Государственном комитет[…] по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
г. Калинин, пр. Ленина, 5